

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-173921

(43)Date of publication of application : 23.06.2000

(51)Int.Cl.

H01L 21/027
G03F 9/00

(21)Application number : 2000-027512 (71)Applicant : NIKON CORP

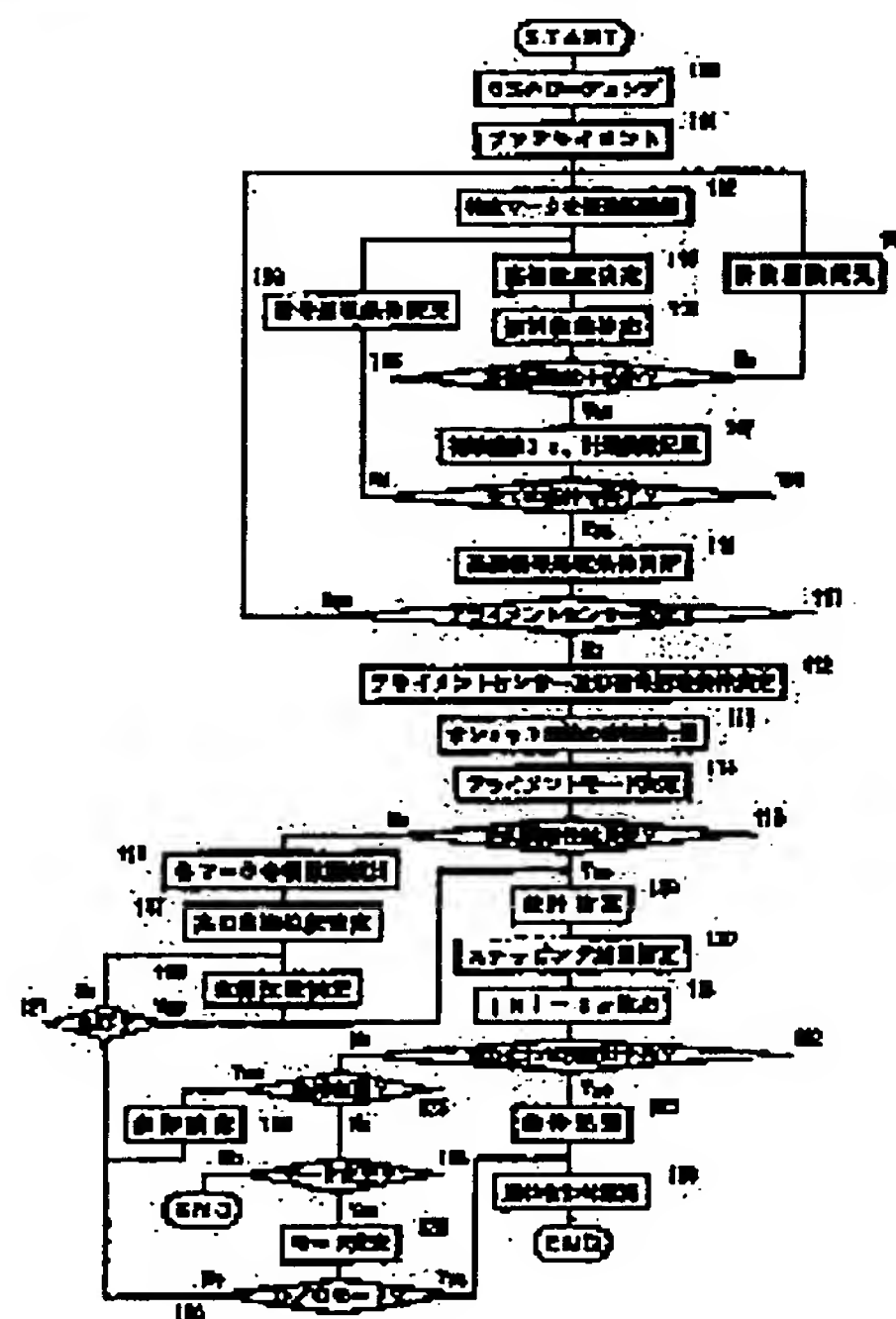
(22)Date of filing : 08.02.1993 (72)Inventor : IRIE NOBUYUKI
TAKANE EIJI

(54) ALIGNMENT METHOD, EXPOSURE METHOD USING THE ALIGNMENT METHOD, DEVICE MANUFACTURING METHOD OF USING THE EXPOSURE METHOD, AND DEVICE MANUFACTURED BY THE MANUFACTURING METHOD, AND ALIGNER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To select the optimum detecting condition with the measurement reproducibility of a sensor taken into consideration.

SOLUTION: This is a method for aligning each of a plurality of processing regions (ES) arranged on a substrate (W) with a specified reference position in a stationary coordinate system for specifying a movement position of the substrate. This method includes a first process (S102) wherein a specific mark (alignment mark My) formed on the substrate is detected several times under each of different detecting conditions, a second process (S104, S107) wherein, based on the detection results obtained from the first process, a variation (σ or 3σ) of each detection result is detected under each detecting condition, and a third process (S110, S112) wherein the variations of each detection result obtained under each detecting condition are compared with each other to automatically select a detecting condition which has the least variation from among many detecting conditions.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

04.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3391328

[Date of registration] 24.01.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Each of two or more processing fields arranged on the substrate based on the array information on a design The 1st process which carries out multiple-times detection of the specific mark which is the alignment approach which carries out alignment to the predetermined criteria location in the rest frame which specifies the migration location of this substrate, and was formed on said substrate for two or more detection conditions of every different, respectively, The 2nd process which searches for dispersion in this detection result for every detection conditions based on two or more detection results obtained at said 1st process, The alignment approach characterized by comparing said dispersion for every detection conditions obtained at said 2nd process, and having the 3rd process which chooses the small detection conditions of a dispersion degree automatically most out of said two or more detection conditions.

[Claim 2] The alignment approach according to claim 1 which is characterized by computing the standard deviation of two or more of said detection results for said every detection conditions at said 2nd process, and is characterized by said standard deviation choosing the minimum detection conditions at said 3rd process.

[Claim 3] Said two or more detection conditions are the alignment approach according to claim 1 or 2 characterized by including two or more signal-processing conditions at the time of processing the detecting signal corresponding to said specific mark.

[Claim 4] Said two or more detection conditions are the alignment approach given in any 1 term of claim 1 characterized by including two or more sensors which are used for detection of said specific mark, and by which detection principles differ, respectively thru/or claim 3.

[Claim 5] Said two or more detection conditions are the alignment approach according to claim 3 characterized by choosing the optimal sensor from said two or more sensors based on said dispersion degree after choosing the optimal signal-processing conditions for said every sensor at said 3rd process based on said dispersion degree called for for said every signal-processing conditions including two or more sensors which are used for detection of said specific mark, and by which detection principles differ, respectively.

[Claim 6] The alignment approach given in any 1 term of claim 1 characterized by measuring the positional information in said rest frame of two or more of said processing fields under said selected detection conditions, and determining each final positional information of two or more of said processing fields in said rest frame based on the this measured positional information thru/or claim 5.

[Claim 7] The 1st mode which makes said measured positional information said final positional information, The 2nd mode which makes positional information acquired by carrying out statistics processing of said measured positional information said final positional information, Any one of the 3rd modes which make positional information acquired by carrying out positional information weighting and carrying out statistics processing of said this measured positional information by which weighting was carried out said final positional information The alignment approach according to claim 6 characterized by choosing based on the error information between the array information on said design, and said measured positional information, and determining said final positional information according to said selected mode.

[Claim 8] The alignment approach given in 7 of the claim characterized by choosing said 2nd mode

- if the sense and magnitude per unit length of variation of the adjacent processing field of said two or more processing fields are almost equal. [of said error information]
[Claim 9] The alignment approach according to claim 8 characterized by choosing said mode, choosing said 1st mode if the standard deviation of said variation is over the predetermined value, and choosing the 3rd mode based on the standard deviation of the variation of said variation of said error information on said adjacent processing field of said two or more processing fields if it becomes said below predetermined value.
[Claim 10] The exposure approach characterized by including the process which imprints said predetermined pattern on said substrate by which alignment was carried out relatively [pattern / predetermined] to any 1 term of claim 1 thru/or claim 9 by the alignment approach of a publication.
[Claim 11] The device manufacture approach characterized by including the process which exposes said substrate by said predetermined pattern using the exposure approach according to claim 10.
[Claim 12] The device characterized by being manufactured by the device manufacture approach according to claim 11.
[Claim 13] Each of two or more processing fields arranged on the substrate based on the array information on a design The detection means which carries out multiple-times detection of the specific mark which is alignment equipment which carries out alignment to the predetermined criteria location in the rest frame which specifies the migration location of this substrate, and was formed on said substrate for two or more detection conditions of every different, respectively, A calculation means to compute the standard deviation of this detection result for every detection conditions based on two or more detection results obtained by said detection means, Alignment equipment characterized by comparing said said standard deviation for every computed detection conditions, and having a selection means by which said standard deviation chooses the minimum detection conditions, out of said two or more detection conditions.
[Claim 14] Said two or more detection conditions are alignment equipment according to claim 13 characterized by including two or more signal-processing conditions at the time of processing the detecting signal corresponding to said specific mark.
[Claim 15] Said selection means is alignment equipment according to claim 13 or 14 characterized by choosing any one from said two or more sensors including two or more sensors by which, as for said detection means, detection principles differ, respectively.
[Claim 16] The aligner characterized by imprinting said predetermined pattern on said substrate by which has alignment equipment of a publication in any 1 term of claim 13 thru/or claim 15, and alignment was carried out relatively [pattern / predetermined] to it with said alignment equipment.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the suitable alignment approach for the aligner especially used at a semiconductor device or the lithography process of liquid crystal display component manufacture about the approach of carrying out alignment of each of two or more processing fields (a shot field, chip pattern) arranged on the substrate to a predetermined criteria location.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, in aligners, such as a step-and-repeat method, a step, and a scanning method, a wafer prober, or laser repair equipment, it is necessary to carry out alignment (alignment) of each of two or more chip pattern spaces (shot field) arranged on the substrate to a precision extremely to the predetermined reference point in the rest frame which specifies the migration location of a substrate (for example, point of various equipments processing [processing]). Always highly precise and maintaining to stability are expected the alignment (alignment) precision so that it may face carrying out alignment of the substrate to the exposure location of the pattern formed [especially] in the mask or the reticle (a reticle is called hereafter) with the aligner and the fall of the yield by generating of the defective in the chip of a manufacture phase may be prevented.

[0003] Usually, although superposition exposure of the circuit pattern (reticle pattern) of ten or more layers is carried out on a wafer at a lithography process, when the alignment (superposition) precision between each class is bad, un-arranging may arise in the property on a circuit. That is, a chip does not satisfy an expected property, but in being the worst, the chip serves as a defective, and the yield may be reduced. So, at an exposure process, the mark for alignment is beforehand attached to each of two or more shot fields on a wafer, and the mark location (coordinate value) is detected on the basis of the reticle pattern which should carry out superposition exposure. After an appropriate time, wafer alignment which carries out alignment (positioning) of the one shot field on a wafer to a reticle pattern based on this mark positional information is performed.

[0004] It divides roughly into wafer alignment, there are two methods, and one is a die Bayh die (D/D) alignment method which detects the alignment mark for every shot field on a wafer, and performs alignment. Another is detecting the alignment mark of only some shot fields on a wafer, and searching for the regularity of a shot array, and is a global alignment method which carries out alignment of each shot field. Now, in the device production line, the global alignment method is mainly used from balance with a throughput. The en HANSUDO global alignment (EGA) method which specifies the regularity of the shot array on a wafer as a precision with a statistical method is in use as indicated [especially] by the Provisional-Publication-No. 61-No. 44429 official report, the Provisional-Publication-No. 62-No. 84516 official report, the Provisional-Publication-No. 62-No. 291133 official report, etc. by current, for example.

[0005] Plurality beforehand chosen as a specific shot field in one wafer with the EGA method (three or more pieces are required) Usually, after measuring the coordinate location of only about 10-15 shot fields and computing the coordinate location (shot array) of all the shot fields on a wafer using statistics data processing (least square method etc.) from these measurement values, According to this computed shot array, stepping of the wafer stage is carried out uniquely. Measurement time

amount is short, and ends and this EGA method has the advantage in which the equalization effectiveness is expectable to a random measurement error.

[0006] Here, the statistics art currently performed by the EGA method is described briefly. now, the array coordinate on the design of the specific shot field (sample shot) of m ($m \geq 3$ integer) individual on a wafer -- $n(X_n, Y_n) = 1, 2, \dots, m$ -- carrying out -- the gap ($\Delta X_n, \Delta Y_n$) from the array coordinate on a design -- a linear model, [0007], [i.e.,]

[Equation 1]

$$\begin{pmatrix} \Delta X_n \\ \Delta Y_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_n \\ Y_n \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e \\ f \end{pmatrix}$$

[0008] It assumes. Furthermore, when each actual array coordinate (measurement value) of m sample shots is set to (Δx_n and Δy_n), the sum of squares E of the remainder when applying this model is expressed with a degree type.

[0009]

[Equation 2]

$$E = \sum \{(\Delta x_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta y_n - \Delta Y_n)^2\}$$

[0010] Then, what is necessary is just to ask for the parameters a, b, c, d, e, and f which make this formula min. By the EGA method, the array coordinate of all the shot fields on a wafer will be computed based on parameter a-f computed like the above, and the array coordinate on a design.

[0011] As mentioned above, if treatment is required and is put in another way by the EGA method as that whose shot array error on a wafer is linearity, an EGA operation will be linearity primary approximation. For this reason, the problem that it could not respond was in the local array error fluctuation on a wafer, i.e., a nonlinear factor. Then, even if the applicant for this patent was a wafer with which a local array error (nonlinear distortion) exists, he applied all the shot fields for the alignment approach in which alignment is possible to highly precise and a high speed as Japanese Patent Application No. No. 297121 [four to] to the predetermined criteria location. Hereafter, this alignment approach that is not well-known is explained.

[0012] Now, its attention is paid to a thing with the array error "almost equal, even if it is a substrate with a regular nonlinear distortion" in the partial field on the substrate concerned. [the 1st alignment approach is effective to "a regular nonlinear distortion", and] Then, the 1st alignment approach (W1-EGA method) is based on an EGA method. As shown in drawing 4, when the coordinate location of the i-th shot field ESi on Wafer W is determined, The field ESi concerned, m sample shots (drawing 4 m= 9) SA 1 - SA9 It is characterized by giving weighting Win to each of the coordinate location of nine sample shots according to the distance LK1-LK9 between each. So, by the W1-EGA method, after detecting 2 sets of the alignment marks (Mx1, My1) for every sample shot, a degree type (formula 3) estimates the sum of squares Ei of the remainder like the above-mentioned formula 2, and operation parameter a-f is determined that a degree type will serve as min. In addition, although the number and location of a sample shot which are used for every shot field here are the same, though natural, since the distance to each sample shot differs for every shot field, the weighting Win given to the coordinate location changes for every shot field. For this reason, the coordinate location of all shot fields is determined by computing that coordinate location by determining operation parameter a-f for every shot field.

[0013]

[Equation 3]

$$E_i = \sum_{n=1}^m W_{i,n} \{(\Delta x_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta y_n - \Delta Y_n)^2\}$$

[0014] Here, by the W1-EGA method, the weighting Win to the coordinate location of each sample shot is changed for every shot field on Wafer W. For this reason, weighting Win is expressed like a degree type as a function of the distance Lkn of the i-th shot field ESi and the n-th sample shot SAn. However, S is a parameter for changing the degree of weighting.

[0015]

[Equation 4]

$$W_{i,n} = \frac{1}{\sqrt{2\pi s}} e^{-L_{i,n}^2/2S}$$

[0016] In addition, the weighting W_{in} which gives a sample shot with the shorter distance L_{kn} to the i -th shot field ES_i to the alignment data (coordinate location) becomes large so that clearly from a formula 4.

[0017] Moreover, in a formula 4, when the value of Parameter S is sufficiently large, the result of statistics data processing becomes almost equal to the result obtained by the conventional EGA method. If all the shot fields that should be exposed on a wafer are made into a sample shot on the other hand and the value of Parameter S is fully brought close to zero, it will become almost equal to the result obtained by D / D method. That is, by the W1-EGA method, the middle effectiveness of an EGA method, and a D / D method can be acquired by setting Parameter S as a suitable value. For example, to a wafer with a big nonlinear component, effectiveness (alignment precision) almost equivalent to D / D method can be acquired by setting up the value of Parameter S small. That is, it becomes possible to remove the alignment error by the nonlinear component good in a W1-EGA method. Moreover, when the measurement repeatability of an alignment sensor is bad, effectiveness almost equivalent to an EGA method can be acquired by setting up the value of Parameter S greatly, and it becomes possible to reduce an alignment error according to the equalization effectiveness.

[0018] From the above thing, the effectiveness is changeable from an EGA method to D / D method by changing the value of Parameter S suitably with a W1-EGA method. Therefore, as opposed to various Rhea, alignment is made to change flexibly according to the quality of the measurement repeatability of the descriptions (for example, size, regularity, etc.) of a nonlinear component, a step pitch, and an alignment sensor etc., and it becomes possible to perform alignment on the optimal conditions to each REIA.

[0019] Next, the 2nd alignment approach is an effective thing thing to "a nonlinear distortion regular and especially symmetrical with a point", and its attention is paid to a thing with a distance "almost equal [the magnitude of the array error in an equal location] on the substrate concerned even if it is a substrate with a regular nonlinear distortion called point symmetry" from a point symmetry core. Hereafter, although the 2nd alignment approach (W2-EGA method) is explained with reference to drawing 5, in order to simplify explanation here, a nonlinear distortion regular and especially symmetrical with a point shall arise to Wafer W , and the point symmetry core shall be in agreement with a wafer center.

[0020] Now, the deformation central point of the wafer which serves as a point on a wafer paying its attention on the basis of an EGA method also by the W2-EGA method (point symmetry core of nonlinear distortion), Namely, the distance LE_i between the wafer center W_c and the i -th shot field ES_i on Wafer W (radius), And the wafer center W_c , m sample shots (drawing 5 $m=9$) $SA_1 - SA_9$ According to the distance LW_1-LW_9 between each (radius), it is characterized by giving weighting W_{in}' to each of the coordinate location of nine sample shots. So, by the W2-EGA method, after detecting 2 sets of the alignment marks (Mx_1, My_1) for every sample shot, a degree type (formula 5) estimates sum-of-squares E_i' of the remainder, and operation parameter $a-f$ is determined that a degree type will serve as min. In addition, since weighting W_{in}' given to each coordinate location also by the W2-EGA method changes for every shot field, it performs a statistics operation for every shot field, determines parameter $a-f$, and determines the coordinate location.

[0021]

[Equation 5]

$$E_i' = \sum_{j=1}^m W_{j,i}' \{ (\Delta x_j - \Delta X_j)^2 + (\Delta y_j - \Delta Y_j)^2 \}$$

[0022] In order to change weighting W_{in}' to each sample shot for every shot field on Wafer W here, weighting W_{in}' is expressed like a degree type as a function of the distance (radius) LE_i of the i -th shot field ES_i on Wafer W , and the wafer center W_c . However, S is a parameter for changing the degree of weighting.

[0023]

[Equation 6]

$$W_{i,i}' = \frac{1}{\sqrt{2\pi s}} e^{-\frac{(L_{E_i} - L_{W_c})^2}{2S}}$$

[0024] In addition, weighting Win' to which the distance (radius) LWn over the wafer center Wc gives the sample shot nearer to the distance LEi between the wafer center Wc and the i-th shot field ESi on Wafer W (radius) to the alignment data becomes large so that clearly from a formula 6. putting in another way -- if -- a wafer -- a center -- Wc -- a core -- ** -- having carried out -- a radius -- LEi -- a circle -- a top -- being located -- a sample -- a shot -- alignment -- data -- receiving -- most -- being big -- weighting -- Win -- ' -- giving -- things -- ** -- carrying out -- being concerned -- a circle -- from -- radial -- separating -- alike -- following -- alignment -- data -- receiving -- weighting -- Win -- ' -- small -- carrying out -- coming -- **** . Moreover, the effectiveness is changeable from an EGA method to D / D method by changing the value of Parameter S suitably also by the W2-EGA method.

[0025] Now, by the W1-EGA method or the W2-EGA method (the following, especially when it is not necessary to distinguish, it is collectively called a W-EGA method), the degree of weighting to the alignment data of a sample shot can be changed with Parameter S. Hereafter, the decision approach of Parameter S is explained. When the following formulas 7 are stored in the arithmetic unit in an aligner, for example, an operator sets the weight parameter D as a predetermined value, Parameter S Win, i.e., weighting, or Win' will be determined automatically.

[0026]

[Equation 7]

$$S = \frac{D^2}{8 \cdot \log_e 10}$$

[0027] Here, the physical semantics of the weight parameter D is the range of a sample shot effective in calculating the coordinate location of each shot field on a wafer (it is only hereafter called a zone). Therefore, since the number of effective sample shots increases when a zone is large, it becomes close to the result obtained by the conventional EGA method. Conversely, since the number of effective sample shots decreases when a zone is small, it becomes close to the result obtained by the D/D method. Moreover, the decision type of Parameter S is not restricted to a formula 7, and you may make it use the following formulas 8. However, A is [the number of sample shots and C of the area (a unit is mm²) of a wafer and m] correction factors (forward real number).

[0028]

[Equation 8]

$$S = \frac{A}{m \cdot C}$$

[0029] It is made to seldom change the optimum value of the correction factor C which should be used on the occasion of the decision concerned because a formula 8 makes change of wafer size (area) or a sample shots per hour reflect in the decision of Parameter S. Here, since the value of Parameter S becomes large when a correction factor C is small, it becomes close to the result obtained by the conventional EGA method completely like a formula 7. Conversely, since the value of Parameter S becomes small when a correction factor C is large, it becomes close to the result obtained by D / D method like a formula 7.

[0030]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, by the EGA method, when arrangement (the number, location) of a sample shot was not optimized beforehand, there was a problem that a desired superposition (alignment) precision was not acquired. Then, while measuring the coordinate location of all the shot fields on a wafer using an alignment sensor, the coordinate location of all the shot fields on a wafer is computed by the statistics operation, making a sequential change at least of one side of the number of sample shots, and a location. Furthermore, the amount of location gaps of that computed coordinate location and the surveyed coordinate location was calculated for every

monograph affair, and the conditions which this amount of location gaps becomes below a predetermined allowed value in all shot fields are chosen (decision). By this, arrangement of a sample shot will be optimized.

[0031] However, if it originates in the dry area on the front face of a wafer etc. and the measurement precision of an alignment sensor is bad, even if it performs superposition exposure with the application of an EGA method after optimizing sample shot arrangement like the above-mentioned, the problem that a desired superposition precision is not acquired will arise. That is, it cannot say that the sample shot arrangement for which it opted under the unreliable coordinate location (measurement value) is not necessarily optimized to a wafer (shot array), and a desired superposition precision cannot be acquired in the sample shot arrangement optimized seemingly.

[0032] Moreover, even if measurement repeatability uses a bad alignment sensor to a wafer, in order to acquire a desired superposition precision, the equalization effectiveness which an EGA method has is raised, namely, the optimization must be performed so that a sample shots per hour may be increased rather than usual. However, the above-mentioned optimization approach does not depend on the measurement repeatability of an alignment sensor, but it is making a sequential change of the sample shot arrangement so that the above-mentioned amount of location gaps may only become below an allowed value. Therefore, a sample shots per hour may continue increasing until the above-mentioned amount of location gaps became below the allowed value, but although the measurement repeatability of an alignment sensor was conversely bad, the arrangement should be optimized only with few numbers of sample shots. In the case of the former, surely a sample shots per hour may increase, but it does not pass to increase regardless of measurement repeatability, and a desired superposition precision is not necessarily acquired. On the other hand, as for the case of the latter, sample shot arrangement is optimized seemingly. That is, by the above-mentioned approach, even if it is impossible to optimize sample shot arrangement taken into consideration to measurement repeatability and the measurement repeatability of an alignment sensor worsened with the wafer, there was a problem that the fall of the superposition precision accompanying it could not be prevented.

[0033] Furthermore, a W-EGA method also increases a sample shots per hour rather than usual, or the equalization effectiveness improves by enlarging the value of Parameter S enough so that effectiveness almost equivalent to an EGA method may be acquired, and even if the measurement repeatability of an alignment sensor is bad, it becomes possible to acquire a desired superposition precision. However, when the nonlinear distortion of a wafer is large, effectiveness almost equivalent to a D/D method will be acquired, namely, when the above-mentioned optimization approach is applied to a W-EGA method, the value of Parameter S will be optimized, for example so that zero may be approached. For this reason, if the superposition precision for every shot field is greatly influenced by measurement repeatability and measurement repeatability is not taken into consideration, it is difficult to judge whether the precision prescribe is satisfied. Therefore, it is impossible to optimize the processing conditions (arrangement of a sample shot, value of Parameter S, etc.) by the above-mentioned approach also by the W-EGA method, and the problem that superposition precision falls sharply arises with a wafer.

[0034] Moreover, although optimizing each processing conditions is also considered while W-EGA either an EGA method or a method carries out superposition exposure (proof print) using a pilot wafer, there are time amount which optimization takes, and a problem that an operator's burden increases. If it is furthermore a wafer in the same lot, it can consider that the surface state is almost the same with all wafers, but with the wafer from which a lot differs, even if it uses the same alignment sensor, the measurement repeatability may differ. For this reason, proof print must be performed for every lot, processing conditions must be optimized, and working hours and a burden increase sharply. And if a process wafer is not used, since optimization taken into consideration to the measurement repeatability of an alignment sensor cannot be performed, there is also a problem that the process wafer only for measurement is needed, and the yield and a throughput fall sharply.

[0035] This invention is made in consideration of the above point, and is faced taking into consideration to the measurement repeatability of the alignment sensor to a substrate, and optimizing each processing conditions of an EGA method or a W-EGA method, and before that, first, the optimal detection conditions in consideration of the measurement repeatability of an alignment

sensor are sorted out (signal-processing conditions, optimal sensor, etc.), and it aims at performing location measurement on the optimal detection conditions. Thus, it aims at raising the precision of the optimization of each processing conditions of an EGA method which was mentioned above, or a W-EGA method performed after that by using the positional information measured on the optimal detection conditions.

[0036]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose in invention according to claim 1 Each of two or more processing fields (ES) arranged on the substrate (W) based on the array information on a design It is the alignment approach which carries out alignment to the predetermined criteria location in the rest frame which specifies the migration location of this substrate. The 1st process which carries out multiple-times detection of the specific mark (alignment mark My) formed on said substrate for two or more detection conditions of every different, respectively (S102), The 2nd process which searches for dispersion in this detection result (sigma or 3sigma) for every detection conditions based on two or more detection results obtained at said 1st process (S104, S107), We decided to compare said dispersion for every detection conditions obtained at said 2nd process, and to have the 3rd process (S110, S112) which chooses the small detection conditions of a dispersion degree automatically most out of said two or more detection conditions.

[0037] In invention according to claim 13, moreover, each of two or more processing fields (ES) arranged on the substrate (W) based on the array information on a design To the alignment equipment which carries out alignment to the predetermined criteria location in the rest frame which specifies the migration location of this substrate The detection means which carries out multiple-times detection of the specific mark (My) formed on said substrate for two or more detection conditions of every different, respectively (17, 18, 30, 41-43), A calculation means to compute the standard deviation (sigma or 3sigma) of this detection result for every detection conditions based on two or more detection results obtained by said detection means (505), Said said standard deviation for every computed detection conditions was compared, and a selection means (505) by which said standard deviation chose the minimum detection conditions was constituted out of said two or more detection conditions.

[0038]

[Function] Since multiple-times measurement of each coordinate location of two or more processing fields on a substrate is carried out and he is trying to choose the minimum thing of dispersion condition to the dispersion condition of the measurement result of the multiple times as optimal detection conditions according to this invention (invention given in claims 1 and 13), the measurement repeatability of an alignment sensor can extract the best detection conditions. For this reason, since detection of the mark location on a subsequent substrate is detectable on the detection conditions statistically made the optimal, the dependability of a measurement result improves.

[0039]

[Example] Drawing showing the rough configuration of a suitable projection aligner for drawing 2 to apply the alignment approach by the example of this invention and drawing 3 are the block diagrams of the control system of the projection aligner shown in drawing 2 . In drawing 2 , the illumination light IL from the illumination system for exposure (un-illustrating) illuminates pattern space PA of Reticle R with an almost uniform illuminance through a condenser lens CL and a dichroic mirror DM (i line, KrF, ArF excimer laser, etc.). the illumination light IL which passed pattern space PA -- a both-sides tele cent -- carrying out incidence to the rucksack projection optics PL, projection optics PL carries out image formation projection of the image of the circuit pattern formed in pattern space PA on the wafer W with which the resist layer was formed in the front face. Wafer W is laid on Z stage LS through the wafer holder (un-illustrating), and Z stage LS is constituted possible [an inclination] in the direction of arbitration while moving it slightly in the optical-axis AX direction (Z direction) of projection optics PL by the motor 13. Z stage LS -- a motor 12 -- a step-and-repeat method -- X and the direction of Y -- two-dimensional -- it is laid on the movable wafer stage WS. The location of X of the wafer stage WS and the direction of Y is always detected by the laser interferometer 15 (drawing 2 shows only 1 set) with the resolution of about 0.01 micrometers. The migration mirror 14 which reflects the laser beam from an interferometer 15 is being fixed to the

edge of Z stage LS.

[0040] Now, the LIA (Laser Interferometric Alignment) systems 30A-30D of three kinds of alignment sensors, i.e., a TTR (Through The Reticle) method, the LSA (Laser Step Alignment) system 17 of a TTL (Through The Lens) method, and the FIA (Field Image Alignment) system 20 of an off-axis method are formed in drawing 2.

[0041] The LIA systems 30A-30D of a TTR method dissociate and irradiate two laser beams from which a frequency differs mutually to the alignment mark on a reticle as indicated by JP,4-7814,A and JP,4-45512,A. The two primary diffracted lights furthermore generated from a reticle mark are irradiated at a wafer and the diffraction-grating plate for monitors arranged in a field [**** / almost], and photoelectrical detection of the interference light of the diffracted lights mostly generated in the same direction from the grid plate concerned is carried out. On the other hand, to the alignment mark on a wafer, the transparence aperture which adjoined the alignment mark on a reticle, and two beams which passed projection optics are irradiated with a predetermined crossed axes angle, and photoelectrical detection of the interference light of the diffracted lights mostly generated in the same direction from the mark concerned is carried out. The photoelectrical signal from each of 4 sets of LIA systems 30A-30D is inputted into a digital disposal circuit 16 (LIA arithmetic unit 43 of drawing 3), and the relative amount of location gaps of Reticle R and Wafer W (shot field) is detected from the phase contrast on two waves of a photoelectrical signal here. In addition, the LIA systems 30A and 30B detect a location gap of the direction of X, and a location gap of the direction of Y is not detected, and when it is not necessary to distinguish 4 sets of especially LIA systems by the following explanation, they only call the LIA systems 30C and 30D the LIA system 30.

[0042] The LSA system 17 of a TTL method carries out photoelectrical detection of the diffracted light (or scattered light) generated from a mark, when a long and slender band-like spot light prolonged in the direction of X through projection optics PL is formed on a wafer and the relative scan of spot light and the alignment mark (diffraction-grating mark) is carried out in the direction of Y as indicated by JP,60-130742,A. The photoelectrical signal from the LSA system 17 is inputted into a digital disposal circuit 16 (LSA arithmetic unit 41 of drawing 3) with the position signal from an interferometer 15, and the location of the direction of Y of an alignment mark is detected here. In addition, although drawing 2 showed only the LSA system (Y-LSA system) which detects the location of the direction of Y, 1 more set of LSA systems (X-LSA system) which detect the location of the direction of X in fact are also arranged. When it is not necessary to distinguish 2 sets of especially LSA systems by the following explanation, it is only called a LSA system.

[0043] Furthermore, the FIA system 20 irradiates at a wafer the illumination light (for example, white light) which has predetermined wavelength width of face, and carries out image formation of the image of an alignment mark, and the image of the index mark on the index plate arranged by the objective lens in a wafer and a field [****] on the light-receiving side of image sensors (CCD camera etc.) through a relay lens system as indicated by JP,2-54103,A and JP,4-65603,A. The picture signal from the FIA system 20 is also inputted into a digital disposal circuit 16 (FIA arithmetic unit 42 of drawing 3), and the location of an alignment mark is detected here. In addition, the 2nd bar mark of two which the bar mark of four was formed in the index plate as an index mark, namely, the 1st bar mark of two prolonged in the direction of Y left only predetermined spacing in the direction of X, and was formed in it, and was prolonged in the direction of X leaves only predetermined spacing in the direction of Y, and it is formed. Moreover, the FIA system 20 has 2 sets of image sensors, one image sensor detects the alignment mark Mx inserted into the 1st bar mark of two, and the image sensor of another side detects the alignment mark My inserted into the 2nd bar mark of two. Therefore, the FIA arithmetic unit 42 is inputting the picture signal from each image sensor, and it is possible to detect the mark location of X and the direction of Y to coincidence.

[0044] By the way, as shown in drawing 6 (A), on Wafer W, 2 sets of alignment marks Mx and My are formed along with each of two or more shot fields SA, and it can ask for the location on the rectangular coordinate system XY (rest frame specified by 2 sets of interferometers) of a shot field by detecting 2 sets of alignment marks Mx and My using an alignment sensor. Drawing 6 (B) shows the concrete configuration of the alignment mark (X mark) Mx. As for X mark Mx, the diffraction-grating mark LSx and the bar mark of eight to which it extended in the direction of Y are arranged in

the direction of X in a predetermined pitch focusing on the diffraction-grating mark LSx by which seven dot marks were formed in the direction of Y in the predetermined pitch. In addition, the alignment mark (Y mark) My is also the same configuration as X mark Mx, and since the array direction only lies at right angles mutually, explanation is omitted here. Moreover, in this example, the alignment marks Mx and My can be detected in each of a LSA system, a FIA system, and a LIA system, namely, the alignment marks Mx and My are the common marks of a LSA system, a FIA system, and a LIA system.

[0045] Based on the positional information from a digital disposal circuit 16, compute the coordinate location of all the shot fields on Wafer W, or the main control system 10 optimizes the processing conditions in an EGA method or a W-EGA method according to the measurement repeatability of an alignment sensor, and also carries out generalization control of the whole equipment. Moreover, the focal location detection systems 18 and 19 of an oblique incidence light method carry out photoelectrical detection of the image of the slit pattern irradiated on a wafer by the synchronous-detection method, and ask for the location (movement magnitude) of the optical-axis AX direction of projection optics PL as indicated by JP,58-113706,A. The stage controller 11 carries out drive control of the wafer stage WS and the Z stage LS through motors 12 and 13 based on the information from an interferometer 15 and the focal location detection systems 18 and 19 according to the drive command from the main control system 10.

[0046] Next, with reference to drawing 3, the concrete configuration of the control system of the above-mentioned equipment is explained. At this example, even the LIA arithmetic unit 43 constitutes the digital disposal circuit 16 in drawing 2 from the signal data storage section 40 in order of a sign, and even the random-number-generation section 509 constitutes the main control system 10 from the alignment data storage section 501 in order of a sign.

[0047] In drawing 3, the LSA arithmetic unit 41 inputs the photoelectrical signal from the LSA system 17, and the position signal from an interferometer 15, and samples a photoelectrical signal synchronizing with the up-and-down pulse generated for every unit movement magnitude of the wafer stage WS. Furthermore, after changing each sampling value into digital value and memorizing in order of an address in memory, by predetermined data processing, the location of the direction of Y of a wafer mark is computed, and this information is outputted to the alignment data storage section 501. Moreover, the signal-processing conditions in the LSA arithmetic unit 41, for example, a waveform analysis algorithm, algorithm slice level, etc. are suitably changed according to the command from operation part 505.

[0048] Moreover, the FIA arithmetic unit 42 computes the amount of location gaps of the wafer mark to an index mark by predetermined data processing based on the picture signal from the FIA system 20. Furthermore the position signal from an interferometer 15 is also inputted, it asks for the coordinate location of the wafer stage WS when the image of a wafer mark is correctly located at the core of an index mark (the amount of location gaps serves as zero), and this information is outputted to the alignment data storage section 501. The signal-processing conditions in the FIA arithmetic unit 42, for example, a waveform analysis algorithm, slice level, a contrast limit value, etc. are suitably changed according to the command from operation part 505.

[0049] The phase contrast on the wave of the photoelectrical signal of the interference light of the primary [**] diffracted light which the LIA arithmetic unit 43 furthermore generates from the alignment mark on a wafer, and the photoelectrical signal of the interference light for reference separately created from two light transmission beams, And the relative amount of location gaps of Reticle R and Wafer W is computed from the phase contrast on the wave of the photoelectrical signal of the interference light of the primary [**] diffracted light and the photoelectrical signal of the interference light for reference which are generated from the diffraction-grating plate for monitors. Moreover, it asks for the coordinate location of the wafer stage WS in case the above-mentioned amount of gaps serves as zero using the position signal from an interferometer 15, and such information is outputted to the alignment data storage section 501. In addition, the reinforcement of the interference light in each in the 1st mode in which the interference light of the primary [**] diffracted light from an alignment mark is used, the 2nd mode using the interference light of the 0 or secondary diffracted light and the 1st mode, and the 2nd mode is measured with the LIA arithmetic unit 43, and there is the 3rd mode in which the value on the strength chooses and uses

the larger one. The signal-processing conditions in the LIA arithmetic unit 43 point out the above three modes, and the three modes are suitably changed according to the command from operation part 505.

[0050] By the way, the signal data storage section 40 memorizes the data point changed into digital value, the photoelectrical signal 41, for example, the LSA arithmetic unit, from the LSA system 17. Moreover, it is possible to also memorize the picture signal from the FIA system 20 and the photoelectrical signal from each of 4 sets of LIA systems 30A-30D. Moreover, the alignment data storage section 501 can input the mark positional information from each of three arithmetic units 41-43.

[0051] The EGA arithmetic unit 502 performs a statistics operation using the positional information from three arithmetic units 41-43 according to the alignment mode determined by operation part 505, and the results of an operation (an operation parameter, array coordinate, etc.) are sent to operation part 505, the storage section 506, and a sequence controller 508. For example, when EGA mode is chosen, based on each coordinate location of the shot field [two or more (at three or more pieces, they are usually about 10-15 pieces)] (sample shot) memorized by the storage section 501, the array coordinate of all the shot fields on a wafer is computed by the statistics operation (formula 2). When W-EGA mode is chosen, based on weighting determined in two or more each coordinate location and weight generating sections 507 of a sample shot, the array coordinate of all the shot fields on a wafer is computed by the statistics operation (formulas 3 and 5). In addition, since operation parameter a-f is computed in advance of calculation of an array coordinate in the EGA arithmetic unit 502, this information is also stored in the storage section 506.

[0052] Moreover, the weight generating section 507 stores the weighting function (formulas 4 and 6) and the decision type (a formula 7 or 8) of Parameter S. Therefore, the weight generating section 507 determines weighting given to the coordinate location of a sample shot based on the coordinate location on the design of the shot field stored in the weight parameter D determined by operation part 505 (or operator) or a correction factor C, and the exposure shot location data division 503, and the sample shot arrangement stored in the sample shot specification part 504.

[0053] Operation part 505 chooses the optimal mode for a wafer from two or more alignment modes (EGA, W-EGA, D/D mode) (decision), and sets the mode concerned as the EGA arithmetic unit 502 and a sequence controller 508. If required for the weight parameter D or a correction factor C, and a pan when especially W-EGA mode is chosen, it will determine to the point symmetry central point of nonlinear distortion, and this information will be outputted to the weight generating section 507. Moreover, operation part 505 searches for the true coordinate location (1st coordinate location) of a shot field, and the measurement repeatability (standard deviation 3σ) of an alignment sensor by the statistics operation (equalization processing). The random-number-generation section 509 outputs a normal-distribution random number with this true coordinate location and standard deviation to the EGA arithmetic unit 502 (detail after-mentioned).

[0054] Here, when operation part 505 chooses EGA mode or W-EGA mode, the EGA arithmetic unit 502 performs a statistics operation (the minimum square operation), after giving a normal-distribution random number to the coordinate location of each sample shot, and computes the coordinate location (2nd coordinate location) of all the shot fields on a wafer. If operation part 505 calculates the amount of location gaps of the 1st coordinate location and the 2nd coordinate location (superposition error) at this time and the precision prescribe is not satisfied, a command is given to the sample shot specification part 504, the weight generating section 507, and the random-number-generation section 509, and sample shot arrangement, weighting, and a normal-distribution random number are changed. Moreover, a sequence controller 508 does generalization control of the whole equipment while opting for a series of procedures for controlling migration of the wafer stage WS at the time of alignment and exposure of a step-and-repeat method based on various data.

[0055] The exposure shot location data division 503 store the array coordinate value on the design of all the shot fields on a wafer (array model), and this coordinate value is outputted to the EGA arithmetic unit 502, the weight generating section 507, and the sample shot specification part 504. The sample shot specification part 504 opts for arrangement (the number, location) of the sample shot used for an EGA operation based on the shot positional information from data division 503, and this information is sent to the EGA arithmetic unit 502, the weight generating section 507, and a

sequence controller 508.

[0056] It is desirable to arrange two or more sample shots in EGA mode, here so that a polygon may be drawn around a wafer, and to arrange a sample shot uniformly all over a wafer in W-EGA mode. Therefore, sample shot arrangement will be determined that a specification part 504 will be [of the above-mentioned conditions] satisfied with each in EGA mode and W-EGA mode. Opting for sample shot arrangement is effective so that change of nonlinear distortion may choose the shot field in big subregion as a sample shot in W1-EGA mode especially. Moreover, it is also effective to consider as sample shot arrangement of the X shape on the basis of the point symmetry core of nonlinear distortion or a cross-joint mold in W2-EGA mode.

[0057] The cassette which furthermore contains two or more wafers (about 25 sheets) in drawing 3 (lot), Or the input devices (keyboard etc.) 61 for the equipment 60 and the operator who read the identification codes (bar code etc.) given to the wafer to input various processing conditions into the main control system 10 (operation part 505) and the array error of a shot field, The indicating equipments (Braun tube etc.) 62 for telling an operator about the superposition precision computed under the processing conditions (sample shot arrangement, weighting, normal-distribution random number) in the EGA arithmetic unit 502 and a monograph affair and the alignment mode by which current use is carried out are formed. The main control system 10 chooses the optimal alignment sensor for detecting the alignment mark on a wafer based on the information described at identification code, and performs mark detection using this selected alignment sensor. What is necessary is just to write down the information about the formation conditions of the wafer contained in the lot, i.e., a substrate, the class of resist, thickness and the configuration of an alignment mark, and a level difference etc. in identification code. In addition, it is only available to write down an alignment sensor name in identification code. Moreover, an operator may be made to set an alignment sensor as the main control system 10 also for ** through an input unit 61 not using identification code.

[0058] Next, the exposure sequence of the projection aligner shown in drawing 2 and drawing 3 with reference to drawing 1 is explained. Here, in this example, as for all the wafers in a lot, various processings shall be further performed at the same conditions and a process on the assumption that batch processing of two or more wafers, for example, 25 sheets, contained in the same lot is carried out.

[0059] In the projection aligner shown in drawing 2 , a sequence controller 508 does loading of the wafer W of the head in a lot (the 1st sheet) on the wafer stage WS (step 100). Next, in step 101, a sequence controller 508 performs PURIARAIMENTO of Wafer W using an alignment sensor. Two alignment marks mostly located in the symmetry [at this time, for example, a wafer core,] at a periphery are detected. Furthermore, the residual rotational error of Wafer W is computed from the coordinate location of two marks, and minute rotation of the wafer holder (un-illustrating) is carried out so that this rotational error may serve as zero. Thereby, PURIARAIMENTO of Wafer W is completed. In addition, the alignment sensor used here is made into a LSA system or a FIA system.

[0060] Next, in step 102, a sequence controller 508 detects the alignment mark My (it is hereafter called a specific mark) incidental to one shot field of the arbitration on Wafer W multiple times, for example, 10 times, using one of a LSA system, a FIA system, and LIA systems, for example, a LSA system, (especially Y-LSA system 17) (relative scan). At this time, the Y-LSA system 17 outputs the photoelectrical signal acquired for every scan to the LSA arithmetic unit 41. The LSA arithmetic unit 41 performs wave processing under the signal-processing conditions beforehand defined by operation part 505 (or operator), and determines the coordinate location for every signal while it changes into digital value the photoelectrical signal by which a sequential output is carried out from the Y-LSA system 17 and outputs the data point to the storage section 40. Consequently, the coordinate location of ten pieces can be found about one specific mark, and each coordinate location is memorized by the storage section 501 (step 103).

[0061] Now, while operation part 505 calculates [statistics-] for example, processes [equalization-] the coordinate location of ten pieces stored in the storage section 501 at step 103 and determining the coordinate location of a specific mark in step 104, dispersion in the coordinate location of ten pieces (standard deviation sigma or 3sigma) is searched for. Drawing 7 expresses normal distribution with the coordinate location (average) for which it asked by operation part 505, and standard deviation

(3sigma), and the normal distribution of drawing 7 has become a thing corresponding to the measurement repeatability of the Y-LSA system 17.

[0062] Next, operation part 505 (or operator) judges whether the count of measurement of a specific mark is enough in step 102 according to the standard deviation for which it asked at step 104 (step 105). Here, since the count of measurement was set as 10 times in this example, a standard deviation (3sigma) judges that the count of measurement (the number of data) is bad and inadequate if it puts in another way and normal distribution (drawing 7) will be broadcloth distribution, and progresses to step 106. on the other hand -- a standard deviation (3sigma) -- fitness -- if it puts in another way and normal distribution will be sharp distribution -- the count of measurement (the number of data) -- enough -- ** -- it judges and progresses to step 107. In addition, when the count of measurement is set to the beforehand big about value, for example, 20 times, even if normal distribution is broadcloth, it may judge that the count of measurement is enough, and may progress to step 107.

[0063] Now, if it is judged at step 105 that the count of measurement is enough, operation part 505 stores in the storage section 506 the coordinate location (average) for which it asked at step 104 and standard deviation (3sigma), and the further above-mentioned count of measurement (10 times) (step 107). At this time, operation part 505 displays normal distribution (drawing 7) with the coordinate location stored in the storage section 506 with the signal-processing conditions and the count of measurement in the LSA arithmetic unit 41, and standard deviation on a display 62. In addition, you may make it store in the storage section 506, after reducing the set point, when there are too many counts of measurement.

[0064] On the other hand, if it is judged at step 105 that the count of measurement is inadequate, operation part 505 will change the count of measurement of a specific mark according to the standard deviation for which it asked at step 104 (step 106). (addition) Here, it adds 15 times and the count of measurement is changed into a total of 25 times. Hereafter, steps 102 and 103 are performed again and the coordinate location of the count of an addition (15 times) and the same number is stored in the storage section 501. Consequently, the coordinate location of a total of 25 pieces will be stored in the storage section 501. Furthermore, operation part 505 asks for the coordinate location (average) of a specific mark, and standard deviation (3sigma) using the coordinate location of 25 pieces (step 104). since the count of measurement is already added here -- the count of measurement (the number of data) -- enough -- ** -- the coordinate location (average) which judged, progressed to step 107 immediately and asked for operation part 505 at step 104, and standard deviation (3sigma) - the count of measurement (25 times) will be further stored in the storage section 506. Below, it explains as what added the count of measurement and was made into a total of 25 times.

[0065] Next, in step 108, operation part 505 (or operator) judges whether it asked for standard deviation (3sigma) in each of two or more signal-processing conditions. Here, since it only asked for standard deviation under one signal-processing condition, it progresses to step 109. Two or more signal-processing conditions are beforehand defined by operation part 505 or the operator for every lot. In step 109, operation part 505 changes at least one of two or more conditions which can be changed with the LSA arithmetic unit 41, for example, a waveform analysis algorithm.

[0066] Next, the LSA arithmetic unit 41 is beginning to read 25 data points already stored in the storage section 40 one by one, performs wave processing under new signal-processing conditions, and outputs each coordinate location to the storage section 501 (step 103). Operation part 505 computes the coordinate location (average) of a specific mark, and standard deviation (3sigma) from the coordinate location of 25 pieces for which it newly asked, and outputs them to the storage section 506 and a display 62 (step 104). Furthermore, it judges whether it asked for standard deviation (3sigma) in each of all signal-processing conditions (step 108). Hereafter, the above-mentioned actuation is repeated and performed until it asks for standard deviation (3sigma) on all signal-processing conditions. At this time, with a display 62, a screen is divided into plurality and the standard deviation (normal distribution) in each signal-processing conditions is displayed for every divided screen of this. Or the normal distribution in all signal-processing conditions may be displayed in distinction from the same graph (screen) top, or a screen is switched, and it is good also as a sequential display of the normal distribution being possible for every signal-processing conditions.

[0067] Now, when it asks for standard deviation (3sigma) on all signal-processing conditions, while

operation part 505 (or operator) compares two or more standard deviation stored in the storage section 506 and that value chooses the smallest standard deviation, signal-processing conditions when this selected standard deviation is obtained are determined as optimal conditions (step 110). Here, signal-processing conditions are optimized and, moreover, the measurement repeatability of an alignment sensor can consider that it becomes best that standard deviation (3sigma) becomes the smallest. However, standard deviation (3sigma), i.e., the measurement repeatability of an alignment sensor, gets worse sharply by the dry area on the front face of a wafer by the factors, for example, the various processes, other than a signal-processing condition etc. For this reason, even if standard deviation (3sigma) becomes the smallest, the measurement repeatability of an alignment sensor becomes below a predetermined allowed value, and if it puts in another way, it cannot necessarily be said that it can be regarded as the true coordinate location where the dependability of a coordinate location (measurement value) is high.

[0068] In addition, data other than the standard deviation (and coordinate location) previously chosen among the data stored in the storage section 506 or the optimal signal-processing condition may be eliminated. Moreover, all the various data (standard deviation etc.) for every signal-processing conditions are not stored in the storage section 506, but only when the standard deviation (3sigma) in the signal-processing conditions of the 2nd henceforth becomes smaller than the standard deviation already stored in the storage section 506, it transposes to the data in the storage section 506, and you may make it ** also store the various data in the signal-processing condition. Furthermore, it does not matter even if it shifts to step 110 immediately as that by which signal-processing conditions were optimized even if it was not asking for standard deviation on all signal-processing conditions, when standard deviation (3sigma) became below the allowed value in step 107.

[0069] Next, it judges whether operation part 505 changes an alignment sensor. That is, it judges whether it asked for the smallest standard deviation (3sigma) in each of a LSA system, a FIA system, and a LIA system, changing signal-processing conditions (step 111). that which asked for standard deviation only by the LSA system here -- immediately -- step 102 -- return and a sequence controller 508 -- the FIA system 20 -- using -- a specific mark (the same as that of the mark detected by the LSA system) -- multiple times -- for example, it detects about 10 times. By the FIA system 20 (image sensor), the image of a specific mark and the image of an index mark will be electrically scanned over multiple times, and the picture signal acquired for every scan concerned will be outputted to the FIA arithmetic unit 42. Hereafter, the FIA system 20 also performs steps 102-110, and determines the smallest standard deviation (3sigma) and the optimal signal-processing conditions. [as well as a LSA system]

[0070] moreover -- if the signal-processing conditions of the FIA arithmetic unit 42 are optimized -- again -- step 102 -- return and a sequence controller 508 -- the LIA system 30 -- using -- a specific mark (the same as that of the mark detected by the LSA system and the FIA system) -- multiple times -- for example, it detects about 10 times. Since it continues outputting a photoelectrical sine wave-like signal, as for the LIA system 30, the LIA arithmetic unit 43 will incorporate a photoelectrical sine wave-like signal over multiple times for every unit time amount. At this time, the incorporation time amount of the photoelectrical signal per time is the same. Hereafter, a LIA system also performs steps 102-110, and determines the smallest standard deviation (3sigma) and the optimal signal-processing conditions. [as well as a LSA system and a FIA system] In addition, what is necessary is just to ask for standard deviation in each in the 1st mode in which the interference light of the primary [**] diffracted light is detected here, and the 2nd mode in which the interference light of the 0 or secondary diffracted light is detected, although there are the three modes as signal-processing conditions by the LIA system 30 as above-mentioned.

[0071] Now, if it asks for the smallest standard deviation in each of a LSA system, a FIA system, and a LIA system, it will shift to step 112, and three standard deviation in the storage section 506 is compared, and measurement repeatability chooses a good (standard deviation is the smallest) alignment sensor most to a wafer (decision). Normal distribution with each standard deviation is displayed, and an operator may be made to choose the optimal alignment sensor on a display 62 at this time. Here, while setting the optimal signal-processing conditions which the LSA system should be chosen and were stored in the storage section 506 as the LSA arithmetic unit 41, the standard

deviation (3sigma) for which it asked under the optimal signal-processing conditions is outputted to the random-number-generation section 509. By the above, selection of the optimal alignment sensor and optimization of signal-processing conditions are completed to a wafer.

[0072] Next, a sequence controller 508 detects 2 sets of alignment marks Mx and My which accompanied each of all the shot fields on Wafer W using the LSA system, and a LSA system outputs the photoelectrical signal acquired by each mark to the LSA arithmetic unit 41. The LSA arithmetic unit 41 performs wave processing under the signal-processing conditions set up at step 112, and outputs it to the storage section 501 in quest of the coordinate location of each mark (step 113).

[0073] Furthermore, the optimal alignment mode for Wafer W (shot array) is determined using the coordinate location of all the shot fields in the storage section 501 (step 114). First, operation part 505 searches for the array error for every shot field, i.e., the difference of the coordinate location in the storage section 501 (measurement value), and the coordinate location in data division 503 (design value), (the amount of gaps). Drawing 8 (A) indicates the array error of five shot fields by the vector. After an appropriate time, operation part 505 is the whole wafer surface, and computes the variation per unit length of the array error of an adjacent shot field. Drawing 8 (B) indicates the above-mentioned variation in five shot fields of drawing 8 (A) by the vector. Furthermore, operation part 505 asks for the standard deviation (sigma or 3sigma) of the variation (drawing 8 (C)) concerned in the whole wafer surface, after computing the variation (drawing 8 (C)) of the adjacent variation like drawing 8 (B). The variation of the array error searched for here and an array error and standard deviation (variation of variation) are stored in the storage section 506, and it is indicated by the vector with the numeric value on an indicating equipment 62. On the indicating equipment 62, only the array error (drawing 8 (A)) for every shot field is indicated by the vector, and the variation (drawing 8 (B)) of an array error, the variation (drawing 8 (C)) of variation, and each of standard deviation (normal distribution) are switched one by one, and you may make it display them according to directions of an operator at this time.

[0074] Here, if the sense of each variation (vector) and magnitude are almost equal all over a wafer when its attention is paid to the variation of the array error of drawing 8 (B), it will be thought that Wafer W has linear strain and EGA mode will be chosen as alignment mode. Moreover, when at least one side of the sense of variation and magnitude varies, it is thought that Wafer W has a regular nonlinear distortion paying attention to standard deviation if this standard deviation is below a predetermined value, and W-EGA mode is chosen as alignment mode. On the other hand, if standard deviation is over the predetermined value, it will be thought that Wafer W has a random error (irregular nonlinear distortion), and D/D mode will be chosen as alignment mode.

[0075] In accordance with the above decision criterion, operation part 505 (or operator) chooses optimal alignment mode (decision). Here, after EGA mode should be chosen and specifying EGA mode to the EGA arithmetic unit 502, it progresses to step 115. In addition, in this example, it is good also as selectable [in EGA mode or W-EGA mode] at step 114. Selection of D/D mode does not need to become impossible and it is not necessary to ask for it to the variation (standard deviation) like drawing 8 (C) at step 114 at this time.

[0076] Next, it judges whether the measurement repeatability of the alignment sensor chosen at step 112, i.e., standard deviation, of operation part 505 (or operator) (3sigma) is good. If it puts in another way, it will judge whether the dependability of the coordinate location for which it asked at step 113 is high, and it can be regarded as a true coordinate location (step 115). Then, it is obtained under the optimal signal-processing conditions determined at step 112, the standard deviation (3sigma) memorized at step 107 is read from the storage section 506, and this read standard deviation is compared with a predetermined allowed value. Here, standard deviation has become below the allowed value, namely, shortly after measurement repeatability is judged to be good, it progresses to step 119, and conversely, standard deviation is over the allowed value, namely, if measurement repeatability is judged to be bad, it will progress to step 116. Below, it explains as what measurement repeatability was judged to be bad.

[0077] Now, a sequence controller 508 detects 2 sets of alignment marks Mx and My incidental to each of all the shot fields on Wafer W using a LSA system multiple times (for example, it considers as the count of measurement (25 times) and the same number which were memorized at step 107)

every, and a LSA system outputs the photoelectrical signal acquired for every scan to the LSA arithmetic unit 41. The LSA arithmetic unit 41 carries out wave processing of the photoelectrical signal by which a sequential output is carried out from a LSA system, asks for the coordinate location of the plurality (25 pieces) for every alignment mark, and outputs each coordinate location to the storage section 501 (step 116). Since signal-processing conditions are optimized at step 112 at this time, it is not necessary to store in the storage section 40 the data point changed into digital value with the LSA arithmetic unit 41.

[0078] Now, operation part 505 calculates [statistics-] for example, processes [equalization-] the coordinate location of plurality (25 pieces) stored in the storage section 501 at step 116 for every alignment mark, determines the average as a true coordinate location (1st coordinate location of this invention), and outputs the true coordinate location for every alignment mark to the storage section 506 (step 117). At this time, for every shot field, operation part 505 may search for the difference (array error) of a true coordinate location and the coordinate location on a design, and may indicate the array error for every shot field by the vector on an indicating equipment 62. Here, when carrying out multiple-times measurement of the same mark and raising the dependability of a measurement value, even if the measurement repeatability of an alignment sensor is bad, the coordinate location (average) determined from two or more measurement values uses the view that it can be regarded as a true coordinate location.

[0079] In addition, by the LSA system, it can be considered as above-mentioned that the average is a true coordinate location by carrying out multiple-times detection of the same mark, and asking for two or more coordinate locations. Moreover, if a FIA system also scans the same mark image electrically over multiple times and it asks for two or more coordinate locations, it can be considered that the average is a true coordinate location. on the other hand -- a LIA system -- the incorporation time amount per time of a photoelectrical sine wave-like signal -- the time of the usual alignment -- being large (enough) -- if it is crowded multiple-times picking in a photoelectrical signal and asks for two or more coordinate locations after lengthening, it can be considered that the average is a true coordinate location.

[0080] By the way, the measurement repeatability of the alignment sensor to a wafer is bad, and when it cannot consider that the measurement value is a true coordinate location, it is necessary to take into consideration to the measurement repeatability of an alignment sensor as above-mentioned, and to optimize the processing conditions (sample shot arrangement, weighting constant, etc.) in EGA mode (or W-EGA mode). That is, each processing conditions must be optimized on the assumption that a coordinate location (measurement value) varies. So, in this example, the coordinate location where the measurement error generated with the measurement repeatability (especially dry area on the front face of a wafer etc.) of an alignment sensor, i.e., factors other than the optimized signal-processing condition, was intentionally given to the true coordinate location determined at step 117, and this measurement error was given shall be used. In this example, it is characterized by using the random number generated on the computer as a measurement error given to a true coordinate location.

[0081] Now, in step 118, the EGA arithmetic unit 502 inputs the 1st suitable sample shot arrangement (the number, location) for the EGA mode determined with the sample shot specification part 504, and reads the true coordinate location (X_{tm} , Y_{tm}) of each sample shot out of the true coordinate location of n pieces stored in the storage section 506 at step 117. In addition, n is all the shots per hours on a wafer. At this time, an operator is told about inverse video, for example, sample which it is displayed in white and is the 1st, shot arrangement only for a sample shot by display 62 up one among all shot fields. Here, the 1st sample shot arrangement has the sample shot of m ($3 \leq m \leq n$ integer) individual, and makes the true coordinate location of the sample shots from the 1st to the m -th (X_{t1} , Y_{t1}), (X_{t2} , Y_{t2}), and (X_{tm} , Y_{tm}).

[0082] Next, the random-number-generation section 509 generates two or more random numbers based on the standard deviation (3σ) inputted at step 112. That is, a normal-distribution random number (RX_{ij} , RY_{ij}) with the standard deviation (3σ) centering on the true coordinate location (average) of the specific mark for which it asked under the optimal signal-processing conditions is independently generated in X and the direction of Y . Here, it expresses that Subscripts i are the i -th set of normal-distribution random numbers which the random-number-generation section 509

generates, and expresses that Subscript j is the j -th random number of the i -th set of normal-distribution random numbers. In this example, since the random-number-generation section 509 generates the 1st set of normal-distribution random numbers about the above-mentioned measurement error, Subscript i is $i = 1$. Moreover, since a sample shots per hour is m pieces, Subscript j is set to $j = 1 - m$. Now, when a sample shots per hour is m pieces, the random-number-generation section 509 generates m normal-distribution random numbers (RX11, RY11), (RX12, RY12), and ... (RX1 m , RY1 m), and the EGA arithmetic unit 502 gives the normal-distribution random number from the random-number-generation section 509 to the true coordinate location of a sample shot as the above-mentioned measurement error. Consequently, the coordinate location of a sample shot is expressed as (Xt1+RX11, Yt1+RY11), (Xt2+RX12, Yt2+RY12), and ... (Xtm+RX1 m , Ytm+RY1 m), and amendment of the coordinate location in consideration of the measurement repeatability of an alignment sensor ends it.

[0083] Furthermore, in step 119, the EGA arithmetic unit 502 performs a statistics operation in EGA mode using the coordinate location of m sample shots amended at step 118, and the coordinate location (design value) of each sample shot stored in data division 503. That is, while determining operation parameter a-f from a formula 2 with the application of the least square method, each coordinate location which computed the coordinate location of all the shot fields on Wafer W using this determined parameter a-f, and was computed here is outputted to the storage section 506.

[0084] Here, when positioning the wafer stage WS according to the coordinate location (calculated value) computed in EGA mode (or W-EGA mode), the error which carried out the core of the coordinate location which should be positioned, and the so-called stepping error arise. For this reason, if it takes into consideration to a stepping error and the processing conditions in EGA mode (or W-EGA mode) are not optimized like the measurement repeatability of an alignment sensor, it will become difficult to acquire a desired superposition precision. However, a stepping error (distribution) as well as the measurement repeatability of an alignment sensor is expressed with the normal distribution like drawing 7. So, in this example, the processing conditions in EGA mode (or W-EGA mode) will optimize using the coordinate location where the normal-distribution random number with standard deviation (sigma or 3sigma) equal to the stepping distribution of errors for which it asked by experiment etc. beforehand was intentionally given as the above-mentioned stepping error to the coordinate location further computed at the step 119 other than the above-mentioned measurement error (step 117), and this stepping error was given.

[0085] In addition, in EGA mode (or W-EGA mode), although the above-mentioned measurement error is produced only to a sample shot at the time of alignment mark detection, a stepping error is produced to each of all the shot fields on a wafer. For this reason, with a stepping error, the above-mentioned normal-distribution random number will be given to each coordinate location of all shot fields. Moreover, it is good also as a random number which took the peculiarity of a wafer stage into consideration for the normal-distribution random number generated as a stepping error. For example, when the stepping distribution of errors when moving a wafer stage to the left from the right along the array direction of a shot field differs from the stepping distribution of errors when moving to the right from Hidari conversely, it is good to change a normal-distribution random number with a standard deviation equal to each distribution of errors for every shot train according to the migration direction of a wafer stage, and to give it to each coordinate location.

[0086] Next, in step 120, operation part 505 reads the coordinate location (calculated value) of all the shot fields stored in the storage section 506 at step 119. Moreover, the stepping distribution of errors of the wafer stage WS for which it asked by experiment etc. is beforehand inputted into the random-number-generation section 509, and the random-number-generation section 509 generates a normal-distribution random number with standard deviation (sigma or 3sigma) equal to this distribution of errors. Here, in order to simplify explanation, only one kind of distribution of errors (standard deviation) shall be inputted into the random-number-generation section 509. Moreover, the distribution of errors (standard deviation) inputted into the random-number-generation section 509 is displayed in the form of normal distribution on a display 62. Now, when all the shots per hours on a wafer are n pieces as above-mentioned, as for the random-number-generation section 509, n normal-distribution random numbers are generated. Operation part 505 outputs the coordinate location (it is equivalent to the 2nd coordinate location of this invention, and, below, is called an amendment

coordinate location) where this normal-distribution random number was given to the storage section 506 while giving the normal-distribution random number from the random-number-generation section 509 to each coordinate location (calculated value) of all shot fields as the above-mentioned stepping error. Thereby, amendment of the coordinate location in consideration of a stepping error is completed. At this time, it may replace with the coordinate location (calculated value) which asked for the amendment coordinate location at step 119, and you may store in the storage section 506. In this example, the above-mentioned permutation shall be performed and a true coordinate location (1st coordinate location) and a true amendment coordinate location (2nd coordinate location) will be stored in the storage section 506 by this.

[0087] Next, while operation part 505 searches for the difference (residuum) of the coordinate location (measurement value) of the truth stored in the storage section 506 at step 117 for every shot field, and the amendment coordinate location (calculated value) stored in the storage section 506 at step 120 in step 121, based on the residuum for every shot field, superposition precision ($|X|+3\sigma$, 3σ , or $|X|$) is computed. In addition, $|X|$ is the absolute value of the average of the superposition error of the direction of X. At this time, operation part 505 indicates the residuum for every shot field by the vector on an indicating equipment 62. Moreover, you may make it display with a residuum to the standard deviation (normal distribution) corresponding to measurement repeatability or the stepping distribution of errors, and the 1st sample shot arrangement. After an appropriate time, as for operation part 505 (or operator), superposition precision ($|X|+3\sigma$) judges whether a precision prescribe (for example, 0.09 micrometers) is satisfied (step 122).

[0088] Now, if superposition precision satisfies a precision prescribe, it will be thought that the processing conditions in EGA mode, i.e., sample shot arrangement, are optimized. Then, it progresses to step 123 and memorizes to a specification part 504 by making into optimum conditions 1st sample shot arrangement used at step 119 (registration). By the above, optimization of the processing conditions in EGA mode will be completed. When superposition precision satisfies a precision prescribe, operation part 505 newly inputs n normal-distribution random numbers from the random-number-generation section 509, and asks for an amendment coordinate location, and you may make it check superposition precision again here using this amendment coordinate location. In this case, since superposition precision will be checked using each of 2 sets of normal-distribution random numbers (stepping error), it becomes possible like the above-mentioned to optimize sample shot arrangement with a more sufficient precision compared with the case where only 1 set of normal-distribution random numbers are used. In addition, if superposition precision does not satisfy a precision prescribe when the 2nd set of normal-distribution random numbers are used, sample shot arrangement is changed again and sample shot arrangement when superposition precision is satisfied with each of 2 sets of normal-distribution random numbers of a precision prescribe is made into optimum conditions. Moreover, 3 or more sets of normal-distribution random numbers are generated from the random-number-generation section 509, and sample shot arrangement may be optimized so that superposition precision may satisfy a precision prescribe for each class.

[0089] Next, a sequence controller 508 detects the alignment mark of all sample shots according to the sample shot arrangement registered at step 123 using a LSA system. The LSA arithmetic unit 41 carries out wave processing of the photoelectrical signal from a LSA system, asks for the coordinate location of an alignment mark, and outputs the coordinate location of each sample shot to the storage section 501. The EGA arithmetic unit 502 performs a statistics operation (formula 2) in EGA mode using the coordinate location (measurement value) stored in the storage section 501, and the coordinate location (design value) stored in data division 503, computes the coordinate location of all the shot fields on Wafer W, and outputs all this computed coordinate location to a sequence controller 508. A sequence controller 508 performs superposition exposure of a reticle pattern to each shot field on the 1st wafer W, positioning the wafer stage WS according to the coordinate location (calculated value) from the EGA arithmetic unit 502 (step 124).

[0090] Although the coordinate location of all shot fields was computed in EGA mode according to the optimized sample shot arrangement at step 124, it may be made to perform superposition exposure here, using the true coordinate location for every shot field determined, for example at step 117 as it is. Moreover, with the wafer after the 2nd in a lot, like the above-mentioned, EGA mode will be adopted under the various conditions optimized with the 1st wafer, and superposition

exposure will be performed.

[0091] On the other hand, if not satisfied with step 122 of a precision prescribe, it progresses to step 125 immediately and judges whether operation part 505 changes sample shot arrangement. Here, since it is thought that sample shot arrangement with EGA mode is not optimized, it progresses to step 126 immediately as what changes sample shot arrangement. Now, in step 126, the sample shot specification part 504 changes sample shot arrangement according to directions of operation part 505 (or operator). In this example, the 1st sample shot arrangement and sample shots per hour should be the same, and the location should be changed into the 2nd completely different sample shot arrangement, for example.

[0092] Next, in step 127, it checks whether the measurement repeatability of an alignment sensor is good. Since measurement repeatability is already judged to be bad at step 115, it progresses to step 118 immediately here, and a normal-distribution random number is given to each of the true coordinate location (X_{tm+1} , Y_{tm+1}) of m sample shots of the 2nd sample shot arrangement, (X_{tm+2} , Y_{tm+2}), and (X_{t2m} and Y_{t2m}). Here, the random-number-generation section 509 has already generated m normal-distribution random numbers ($RX11$, $RY11$), ($RX12$, $RY12$), and ($RX1m$, $RY1m$) in the 1st sample shot arrangement. For this reason, the random-number-generation section 509 generates m normal-distribution random numbers ($RX1m+1$, $RY1m+1$) to $-(m+1)2m$ position, ($RX1m+2$, $RY1m+2$), and ($RX12m$ and $RY12m$) among the 1st set of normal-distribution random numbers. The EGA arithmetic unit 502 is given to the true coordinate location of a sample shot by making the normal-distribution random number from the random-number-generation section 509 into a measurement error. It asks for an amendment coordinate location ($X_{tm+1}+RX1m+1$, $Y_{tm+1}+RY1m+1$) and ($X_{tm+2}+RX1m+2$, $Y_{tm+2}+RY1m+2$) ($X_{t2m}+RX12m$ and $Y_{t2m}+RY12m$). What is necessary is here, just to give the normal-distribution random number generated to the duplicate sample shot at the time of the 1st sample shot arrangement as it is, when a part of 1st and 2nd sample shot arrangement [at least] overlaps although the sample shot used in common by the 1st and 2nd sample shot arrangement does not exist.

[0093] Furthermore, the EGA arithmetic unit 502 performs a statistics operation (formula 2) again using the amendment coordinate location of m sample shots in the 2nd sample shot arrangement, and the coordinate location (design value) of each sample shot stored in data division 503, and computes the coordinate location of all the shot fields on Wafer W (step 119). Operation part 505 gives n normal-distribution random numbers inputted from the random-number-generation section 509 to the coordinate location computed with the EGA arithmetic unit 502 (step 120). Here, the normal-distribution random number given to the coordinate location of n pieces is completely the same as n normal-distribution random numbers given to the coordinate location for which it asked by the 1st sample shot arrangement like the above-mentioned.

[0094] Next, operation part 505 computes superposition precision based on the residuum (difference of a true coordinate location and an amendment coordinate location) for every shot field (step 121), and it judges whether superposition precision satisfies a precision prescribe (step 122). Here, if superposition precision satisfies a precision prescribe, like the above-mentioned, steps 123 and 124 will be performed and superposition exposure will be ended. On the other hand, if a precision prescribe is not satisfied, it progresses to step 125 again. When steps 125-127, and 118-121 are repeated and performed and superposition precision satisfies a precision prescribe hereafter until superposition precision satisfies a precision prescribe, it will progress to step 123 as that by which sample shot arrangement was optimized. In addition, if measurement repeatability is judged to be bad at step 115, it is desirable to change sample shot arrangement so that a sample shots per hour may be increased at step 126.

[0095] By the way, when measurement repeatability is judged to be good at step 115, it will shift to step 119 immediately and a statistics operation will be performed. Hereafter, a sequence when measurement repeatability is good is explained briefly. Now, in step 119, the EGA arithmetic unit 502 reads the coordinate location of each sample shot according to the 1st sample shot arrangement inputted from the sample shot specification part 504 out of the coordinate location stored in the storage section 501 at step 113. Here, since it is premised on measurement repeatability being good, the coordinate location which did not perform multiple-times measurement but asked also for **

with the LSA arithmetic unit 41 can be used as it is like the above-mentioned. That is, it can be considered that the coordinate location for which it asked at step 113 is a true coordinate location (1st coordinate location of this invention). Furthermore, the EGA arithmetic unit 502 performs a statistics operation (formula 2) in EGA mode using the coordinate location (measurement value) read previously and the coordinate location in data division 503 (design value), computes each coordinate location of all the shot fields on Wafer W, and outputs each coordinate location to the storage section 506.

[0096] Next, operation part 505 gives n normal-distribution random numbers inputted from the random-number-generation section 509 to the coordinate location computed with the EGA arithmetic unit 502 (step 120), and searches for a difference (residuum) with the coordinate location (measurement value) memorized by the storage section 501 at this amendment coordinate location and step 113. After an appropriate time, superposition precision is computed from the residuum for every shot field (step 121). Furthermore, it judges whether superposition precision satisfies a precision prescribe (step 122), if the precision prescribe is satisfied, it will progress to step 123, and it is set as a specification part 504 by making into optimum conditions 1st sample shot arrangement used at step 119. Furthermore, a sequence controller 508 performs superposition exposure of a reticle pattern to each shot field on the 1st wafer W, positioning the wafer stage WS according to the coordinate location (calculated value) memorized by the storage section 506 at step 119 (step 124).

[0097] On the other hand, if superposition precision does not satisfy a precision prescribe, it progresses to step 125, and it judges that sample shot arrangement is changed here, and shifts to step 126, and, as for a specification part 504, sample shot arrangement is changed. After an appropriate time, it judges that measurement repeatability is good at step 127, and return and the EGA arithmetic unit 502 read the coordinate location of each sample shot from the storage section 501 to step 119 according to the 2nd sample shot arrangement inputted from the specification part 504. Each coordinate location of all the shot fields on a wafer is computed by furthermore performing a statistics operation (formula 2), and each coordinate location is outputted to the storage section 506. Hereafter, if steps 120-122 are performed and superposition precision satisfies a precision prescribe like the above-mentioned, steps 123 and 124 will be performed and superposition exposure will be ended. On the other hand, if a precision prescribe is not satisfied, it progresses to step 125 again. When steps 125-127, and 119-121 are repeated and performed and superposition precision satisfies a precision prescribe hereafter until superposition precision satisfies a precision prescribe, it will progress to step 123 as that by which sample shot arrangement was optimized.

[0098] Now, although sample shot arrangement with the EGA mode chosen at step 114 was optimized, even if it does not depend on the measurement repeatability of an alignment sensor but changes sample shot arrangement like the above-mentioned, superposition precision may not be satisfied with the above explanation of a precision prescribe. Then, if superposition precision does not satisfy a precision prescribe even if it changes only the count which was able to define sample shot arrangement beforehand, it judges that sample shot arrangement is not changed at step 125, and it progresses to step 128 and judges whether EGA mode is changed into W-EGA mode (or D/D mode). What is necessary is for operation part 505 to determine the necessity of modification in alignment mode according to the program defined beforehand, or to tell an operator about the ability not to expose and just to make an operator determine it in EGA mode at an indicating equipment 62 or a buzzer. Here, in carrying out a mode change, it shifts to step 129, in not carrying out a mode change, it will not perform superposition exposure to the 1st wafer, but wafer exchange will be performed, and loading of the 2nd wafer will be carried out on the wafer stage WS.

[0099] Next, the alignment mode which should be applied to the 1st wafer in step 129 is determined. Here, if the alignment mode determined at step 114 is EGA mode, selectable [of W-EGA mode or the D/D mode] will be carried out, and D/D mode is made selectable if it is in W-EGA mode. Therefore, although it is selectable in W-EGA mode or D/D mode in this example, W-EGA mode shall be chosen in consideration of the throughput of equipment. At this time, operation part 505 or an operator specifies W-EGA mode to the EGA arithmetic unit 502.

[0100] After an appropriate time, in step 130, it judges whether alignment mode is D/D mode (step 130), and if it is in D/D mode, it will shift to step 124 immediately and superposition exposure will be performed. If measurement repeatability is already judged to be good in step 115 at this time, a

sequence controller 508 will perform superposition exposure, detecting an alignment mark for every shot field using a LSA system. Or you may make it position the wafer stage WS according to the coordinate location memorized by the storage section 501 at step 113. On the other hand, if measurement repeatability is already judged to be bad in step 115, superposition exposure will be performed, positioning the wafer stage WS according to the coordinate location memorized by the storage section 506 at step 117. In addition, when D/D mode is chosen with the 1st wafer, D/D mode will be applied also to the wafer after the 2nd in a lot. Moreover, it is desirable that D/D mode is chosen when D/D mode is chosen at step 129, and the sequence as the 1st wafer even with the 2nd sheet to the 2nd wafer or several wafers same when measurement repeatability is bad is adopted, and it is made to perform selection in alignment mode etc. again.

[0101] Now, since W-EGA mode was chosen in this example, it shifts to step 127 from step 130, and the measurement repeatability of an alignment sensor is checked, if measurement repeatability is good, it will progress to step 119, and if conversely bad, it will progress to step 118. You may make it choose W1-EGA mode or W2-EGA mode here based on the description of the array error which did not depend on the measurement repeatability of an alignment sensor when W-EGA mode was chosen, for example, was computed at step 114. Hereafter, although W1-EGA mode is mentioned as an example and explained, the case where measurement repeatability is bad and progresses to step 118 here is described.

[0102] In step 118, the EGA arithmetic unit 502 inputs the 1st suitable sample shot arrangement for the W1-EGA mode determined with the sample shot specification part 504, and reads the true coordinate location of m sample shots out of the true coordinate location of n pieces already stored in the storage section 506 at step 117. Furthermore, the EGA arithmetic unit 502 gives m normal-distribution random numbers (it corresponds to a measurement error) inputted from the random-number-generation section 509 to the true coordinate location of each sample shot.

[0103] Next, operation part 505 (or operator) determines the value of the parameter S in the above-mentioned formula 4 (namely, the weight parameter D or a correction factor (C)), and gives it to the weight generating section 507. The weight generating section 507 computes weighting given to each of the coordinate location (what gave the normal-distribution random number to the true coordinate location) of m sample shots for every shot field using the function which determined the weighting function (formula 4) and was determined from the value of this parameter S here, and outputs this computed weighting to the EGA arithmetic unit 502. Furthermore, after giving weighting from the weight generating section 507 to the coordinate location of each sample shot for every shot field, with the application of the least square method, from a formula 3, the EGA arithmetic unit 502 determines operation parameter a-f, and computes that coordinate location using this parameter a-f. The coordinate location of all the shot fields computed here is stored in the storage section 506 with the value of Parameter S (step 119). Next, operation part 505 gives n normal-distribution random numbers (it corresponds to a stepping error) inputted from the random-number-generation section 509 to the coordinate location computed with the EGA arithmetic unit 502 (step 120), and searches for a difference (residuum) with the true coordinate location memorized by the storage section 506 at this amendment coordinate location and step 117. After an appropriate time, superposition precision is computed from the residuum for every shot field (step 121).

[0104] At this time, operation part 505 outputs the residuum for every shot field, the 1st sample shot arrangement, and the value (weighting constant) of Parameter S to a display 62. As shown in drawing 9, an indicating equipment 62 attaches and displays O mark on m shot fields (drawing 9 28 pieces) which indicated the residuum for every shot field by the vector, and were chosen as a sample shot. Furthermore each weighting constant of X and the direction of Y is written together, and it is made to tell an operator. Moreover, you may make it also display the superposition precision ($|X|+3\sigma$, 3σ , or $|X|$) computed by operation part 505 in the form of a numeric value or normal distribution.

[0105] Next, it judges whether superposition precision satisfies a precision prescribe (step 122). here, if the precision prescribe is satisfied, it will progress to step 123, the 1st sample shot arrangement is set up as optimum conditions to a specification part 504, and it is set up to the weight generating section 507, using a weighting constant (value of Parameter S) as an optimum value (or a weighting function -- the optimal function -- carrying out). Next, a sequence controller 508 detects the

alignment mark of all sample shots according to the sample shot arrangement set up at step 123 using a LSA system. The LSA arithmetic unit 41 carries out wave processing of the photoelectrical signal from a LSA system, asks for the coordinate location of an alignment mark, and outputs the coordinate location of each sample shot to the storage section 501. The EGA arithmetic unit 502 inputs weighting for every sample shot generated from the weight generating section 507 for every shot field, and weighting is performed in the coordinate location (measurement value) of each sample shot stored in the storage section 501. Furthermore, a statistics operation (formula 3) is performed in W-EGA mode using this coordinate location by which weighting was carried out, and the coordinate location (design value) stored in data division 503, the coordinate location of all the shot fields on Wafer W is computed, and all this computed coordinate location is outputted to a sequence controller 508. A sequence controller 508 performs superposition exposure of a reticle pattern to each shot field on the 1st wafer W, positioning the wafer stage WS according to the coordinate location (calculated value) from the EGA arithmetic unit 502 (step 124).

[0106] On the other hand, if superposition precision does not satisfy a precision prescribe, it progresses to step 125, and it judges whether at least one side of the processing conditions in W-EGA mode, i.e., sample shot arrangement and a weighting constant (value of Parameter S), is changed. Here, it shall judge that the weighting constant is not optimized and operation part 505 (or operator) changes the value of a weighting constant (namely, a correction factor C or a weight parameter (D)) in step 126. After an appropriate time, in step 127, it judges whether measurement repeatability is good, if the measurement repeatability in previous EGA mode (step 115) is good, it will progress to step 119, and if conversely bad, it will progress to step 118. Although measurement repeatability progresses to step 118 as a bad thing here, at step 126, only a weighting constant is changed and sample shot arrangement is not changed. For this reason, a new normal-distribution random number will be generated from the random-number-generation section 509, and it is not necessary to amend the coordinate location of a sample shot, and will shift to step 119 immediately at step 118. That is, although measurement repeatability will progress to step 118 if it is bad, only when sample shot arrangement is changed at step 126, to the sample shot added with the specification part 504 (or modification), operation part 505 will input the normal-distribution random number from the random-number-generation section 509, and will amend the true coordinate location.

[0107] Next, the weight generating section 507 computes weighting given to each of the coordinate location of m sample shots for every shot field using this determined function, and outputs this computed weighting to the EGA arithmetic unit 502 while it determines a weighting function (formula 4) according to the weighting constant (parameter S) changed at step 126. Furthermore, after giving weighting from the weight generating section 507 to the coordinate location (what gave the normal-distribution random number to the true coordinate location) of each sample shot for every shot field, with the application of the least square method, from a formula 3, the EGA arithmetic unit 502 determines operation parameter a-f, and computes that coordinate location using this parameter a-f. The coordinate location of all the shot fields computed here is stored in the storage section 506 with the value of Parameter S (step 119).

[0108] Furthermore, operation part 505 gives n normal-distribution random numbers inputted from the random-number-generation section 509 to the coordinate location computed with the EGA arithmetic unit 502 (step 120), and searches for a difference (residuum) with the true coordinate location memorized by the storage section 506 at this amendment coordinate location and step 117. After an appropriate time, superposition precision is computed from the residuum for every shot field (step 121). Next, it judges whether superposition precision satisfies a precision prescribe (step 122), and if a precision prescribe is satisfied, steps 123 and 124 will be performed like the above-mentioned. It judges whether on the other hand, if a precision prescribe is not satisfied, it progresses to step 125, and a weighting constant is changed again, or it changes to sample shot arrangement. Here, since superposition precision does not satisfy a precision prescribe, it shall progress to step 126, and only a weighting constant shall be changed. If steps 127, 118-122 are furthermore performed, superposition precision satisfies a precision prescribe and it will not be [steps 123 and 124 will be performed and] conversely satisfied, it progresses to step 125. Hereafter, steps 118-122 will be repeated and performed, making a sequential change at least of one side of a weighting

constant and sample shot arrangement until the superposition precision in W1-EGA mode satisfies a precision prescribe. In addition, what is necessary is to shift to step 119 from step 127, when measurement repeatability is good, to use the coordinate location for which it asked at step 113 completely like EGA mode as it is, and just to optimize a weighting constant and sample shot arrangement as above-mentioned.

[0109] Here, in this example, a sequential change only of the weighting constant is made by the same sample shot arrangement, and the weighting constant to which superposition precision becomes good most is selected. Drawing 10 shows the relation of the superposition precision ($|X|+3\sigma$) and the weighting constant which are obtained when a sequential change only of the weighting constant is made by the sample shot arrangement in drawing 9. In drawing 10, when a weighting constant is 50, superposition precision is the best. Here, if superposition precision has satisfied the precision prescribe while selecting the weighting constant 50, the value will be set as the weight generating section 507. At this time, it may be made to display the relation of drawing 10 on a display 62, and an operator chooses the weighting constant to which superposition precision becomes good most, and sets that value as the weight generating section 507. In addition, if all superposition precision searched for by the same sample shot arrangement does not satisfy a precision prescribe, sample shot arrangement will be changed and superposition precision will be again searched for in each of two or more weighting constants.

[0110] Now, if superposition precision does not satisfy a precision prescribe even if it changes a weighting constant and sample shot arrangement, it progresses to step 128 noting that a condition change is not made at step 125, and judges whether alignment mode is changed into D/D mode from W1-EGA mode. According to the program defined beforehand, operation part 505 determines the necessity of modification in alignment mode, or at an indicating equipment 62 or a buzzer, in W1-EGA mode, it tells an operator about the ability not to expose and an operator should just determine it. Here, in carrying out a mode change, after changing alignment mode into D/D mode at step 129, it shifts to step 124 from step 130, and superposition exposure is performed in D/D mode like the above-mentioned. On the other hand, in not carrying out a mode change, it does not perform superposition exposure to the 1st wafer, but the 1st wafer is contained to the original lot (carrier) or the lot for unloads (carrier), and a sequence controller 508 does loading of the 2nd wafer on the wafer stage WS in parallel to the above-mentioned receipt.

[0111] Although W1-EGA mode was explained above, since W2-EGA mode is also the same sequence, explanation is omitted here. In addition, in W2-EGA mode, since it changes to the point symmetry core of nonlinear distortion and that optimization is performed besides a weighting constant and sample shot arrangement, only this point differs from W1-EGA mode. Moreover, also when W-EGA mode is chosen at step 114, a weighting constant and sample shot arrangement (further point symmetry core of nonlinear distortion) as well as [completely] the above-mentioned explanation will be optimized.

[0112] Furthermore, in W-EGA mode, the distance of the shot field which should determine a coordinate location, and each of two or more sample shots is used, and it is asking for weighting given to the coordinate location of each sample shot. Although the above-mentioned distance is found from the coordinate location of a shot field, and the coordinate location of a sample shot at this time, as the shot field of the arbitration on a wafer, or a coordinate location of a sample shot, any of the coordinate location on the design stored in the exposure shot location data division 503 or the true coordinate location stored in the storage section 506 at step 117 may be used. When especially measurement repeatability is good, the coordinate location (measurement value) stored in the storage section 501 at step 113 may be used.

[0113] Moreover, the weighting function (formula 4) is prepared for each of the alignment mark for the directions of X, and the alignment mark for the directions of Y, and it is possible to set up weighting W_{in} independently in the direction of X and the direction of Y. (For this reason, extent of nonlinear distortion of a wafer (size), regularity, or a step pitch (although it depends also on the width of face of the street line on a wafer), i.e., the adjoining pitch of two shot fields) Even if the direction of X differs in the value corresponding to shot size from the direction of Y mostly, it is possible to amend the shot array error on a wafer with a sufficient precision by setting up the weighting constant of X and the direction of Y independently. Therefore, in case a weighting

constant is changed like the above-mentioned, you may make it make it differ in each of the direction of X, and the direction of Y.

[0114] By the way, although [the above example] 1 set of normal-distribution random numbers (RX11, RY11), (RX12, RY12), and (RX1m, RY1m) are generated at step 117 and each coordinate location of a sample shot is amended. For example, the 2nd set of m normal-distribution random numbers (RX21, RY21), (RX22, RY22), (RX2m, RY2m) is generated again, each coordinate location of a sample shot is amended, superposition precision is searched for using this amended coordinate location, and you may make it check whether superposition precision is satisfied also with the 2nd set of normal-distribution random numbers of a precision prescribe. If superposition precision does not satisfy a precision prescribe temporarily when the 2nd set of normal-distribution random numbers are used, sample shot arrangement, the weighting constant, the point symmetry core of unsymmetrical distortion, etc. are changed again, and processing conditions are optimized so that superposition precision may be satisfied with each of 2 sets of normal-distribution random numbers of a precision prescribe. In this case, since the processing conditions in EGA mode or W-EGA mode will be optimized using each of 2 sets of normal-distribution random numbers (measurement error), it becomes possible like the above-mentioned to optimize processing conditions with a more sufficient precision compared with the case where only 1 set of normal-distribution random numbers are used. Moreover, 3 or more sets of normal-distribution random numbers are generated from the random-number-generation section 509, and processing conditions may be optimized so that superposition precision may satisfy a precision prescribe for each class. That is, if 2 or more sets of normal-distribution random numbers are prepared, the measurement error produced at random can be reproduced with a sufficient precision, and it will become possible to optimize more reliable processing conditions. In addition, what is necessary is just to repeat and perform steps 118-122 as what does not change processing conditions at step 126, but changes only a normal-distribution random number, when using two or more sets of normal-distribution random numbers.

[0115] Moreover, when amending the coordinate location of a sample shot at step 117, you may make it give a separate normal-distribution random number to the coordinate location of the direction of X, and the coordinate location of the direction of Y. For example, multiple-times detection of the same alignment mark Mx is carried out using a X-LSA system, it asks for that measurement distribution of errors (standard deviation), and a normal-distribution random number with this standard deviation is given to the coordinate location of the direction of X. What is necessary is similarly, to carry out multiple-times detection of the same alignment mark My using a Y-LSA system, to ask for that measurement distribution of errors (standard deviation), and just to make it give a normal-distribution random number with this standard deviation to the coordinate location of the direction of Y.

[0116] Furthermore, since the alignment mark of a wafer periphery tends to collapse under the effect of a process etc., the measurement error in the shot field which exists in a wafer periphery becomes large. Then, the normal-distribution random number which has big standard deviation to the coordinate location of the sample shot which exists in the field (for example, zona-orbicularis field of a wafer periphery) considered that a measurement error becomes large on a wafer gives, and it may make give the normal-distribution random number in which a measurement error has small standard deviation to the coordinate location of the sample shot which exists in the field (for example, circular field of a wafer core) considered to be small. What is necessary is to detect multiple times every using the same alignment sensor by considering each of one alignment mark in the zona-orbicularis field of a wafer periphery, and one alignment mark in the circular field of a wafer core as a specific mark, and just to memorize in the random-number-generation section 509 in quest of that measurement distribution of errors (standard deviation) for every field at this time. Moreover, it divides into three or more fields according to extent of the measurement error on a wafer, and you may make it give the normal-distribution random number which has standard deviation equal to the measurement distribution of errors for every field to the coordinate location of a sample shot. For example, you may make it divide into the circular field of a core, and two or more concentric circular zona-orbicularis fields with a wafer with which a measurement error gets worse as it goes to a periphery from a core.

[0117] Moreover, although the normal-distribution random number with standard deviation equal to the stepping distribution of errors was given to each of all the coordinate locations on the wafer computed at step 119 in the sequence (drawing 1) of this example, it is not necessary to give a normal-distribution random number to a coordinate location depending on extent (magnitude) of the stepping distribution of errors. That is, the coordinate location computed at step 119 is made into the 2nd coordinate location of this invention, and you may make it search for superposition precision, using this computed coordinate location as it is.

[0118] Moreover, although it is not shown in drawing 1 when D/D mode is chosen at step 114, if measurement repeatability is good, it will shift to step 124 immediately from step 115, and superposition exposure will be performed. On the other hand, if measurement repeatability is bad, after performing steps 116 and 117 and asking for the true coordinate location for every shot field, it will shift to step 124 and superposition exposure will be performed. Here, in the wafer after the 2nd sheet having asked for the true coordinate location for every D/D mode, i.e., a shot field, a throughput falls sharply. For this reason, it is desirable to acquire a desired superposition precision by D/D mode being chosen with the 1st wafer, and choosing EGA mode or W-EGA mode at step 114 in the 2nd wafer, when measurement repeatability is bad, and optimizing the processing conditions in this selected alignment mode. Or alignment mode may be determined or you may make it search for measurement repeatability with the application of the sequence of drawing 1 again from the 2nd wafer. In addition, it does not depend on a class, measurement repeatability, etc. in alignment mode, but you may make it always apply the sequence of drawing 1 to each of two or more wafers (for example, 1-several sheets).

[0119] By the way, when the alignment mark which exists in a wafer top, especially a periphery is unsymmetrical under the effect of processes, such as coverage, the coordinate location measured by the alignment sensor will have an error (offset). That is, it has incorrect-detected. Unlike the measurement error which generates a true coordinate location as a core, this error is generated only in the specific direction (for example, direction which keeps away from a wafer core), as mentioned above, and that error (the amount of incorrect detection) cannot ask for multiple-times measurement. That is, when having incorrect-detected, the true coordinate location in step 117 turns into "an incorrect-detected coordinate location." Therefore, that error searched for from an experiment or experience is deducted from "the incorrect-detected coordinate location" in step 117, when measurement repeatability is bad, and it asks for a true coordinate location, it deducts from the coordinate location of all the shot fields for which it asked at step 113 when measurement repeatability was good, it asks for a true coordinate location, and superposition precision may search for using this coordinate location. This becomes possible to optimize the processing conditions in EGA mode or W-EGA mode with a sufficient precision much more.

[0120] Moreover, although it asks for the coordinate location used for the alignment mode decision in step 114 at step 113, since multiple-times measurement is omitted for every alignment mark at step 113, the coordinate location for which it asked here is not necessarily a true coordinate location. Therefore, when the measurement repeatability of an alignment sensor is extremely bad, the alignment mode determined at step 114 is doubtful in whether it is the optimal mode (unreliable). For this reason, when the measurement repeatability memorized at step 107, i.e., standard deviation, (3sigma) is larger than a predetermined allowed value, it is good to perform multiple-times measurement for every alignment mark in step 113, to ask for the true coordinate location of all shot fields, and to determine alignment mode using the true coordinate location for every shot field at step 114. In this case, although it will judge that measurement repeatability is bad at step 115 and will shift to step 116 in drawing 1 , since the activity of steps 116 and 117 is already ended at step 113, it will shift to step 118 immediately and coordinate location amendment will be performed. In addition, other sequences are completely the same as the above-mentioned example.

[0121] Now, although the above example explained the sequence for optimizing the processing conditions in EGA mode or W-EGA mode, it is also good to search for superposition precision in each of two or more processing conditions in EGA mode or W-EGA mode, and to analyze superposition precision in each processing conditions for every alignment mode (simulation). Although drawing 10 shows the relation between the superposition precision when changing only a weighting constant by the same sample shot arrangement, and a weighting constant, it asks for the

above-mentioned relation in each of further two or more sample shot arrangement, and you may make it express these on the same graph. In this case, the superposition precision when changing a weighting constant and sample shot arrangement can be investigated easily. Moreover, although only the one data (residuum) was indicated by the vector in one shot field in drawing 9, it may be made to indicate two or more data by the vector for every shot field. For example, a difference with the simulation result, the actual exposure result, and the simulation result and the exposure result like the above-mentioned may be displayed on coincidence as three vectors. At this time, it becomes possible to display only the vector of one required data by changing the scale of a vector for every data. This can be easily realized by changing the dilation ratio for every data, when indicating the data stored in the storage section 506 by the vector on an indicating equipment 62.

[0122] Furthermore, if the shot field (jump shot) where the description (inclination) of the array error of 1 thru/or some shot fields differs from the inclination of the remaining shot fields greatly in the same wafer, and the inclinations concerned differ is specified as a sample shot in case the coordinate location of all shot fields is computed at step 119, though natural, the calculation precision (superposition precision $|X|+3\sigma$) of a shot array may fall. Here, it can be called for from the description of the array error acquired at step 114 whether it is a jump shot. Therefore, when a jump shot may be contained in sample shot arrangement, it is good to fly in a statistics operation and to reject the alignment data of a shot. Consequently, a shot array can be computed with a sufficient precision by the statistics operation, and it becomes possible to raise superposition precision. In addition, or it exposes by positioning the wafer stage WS according to the measurement result of an alignment sensor, the alignment data of a jump shot are considered to be incorrect detection, and should be made to perform superposition exposure in D / D mode about a jump shot, i.e., to just be exposed like shot fields other than a jump shot.

[0123] Moreover, what is necessary is just to be able to judge whether a wafer has linear strain or it has nonlinear distortion, when making selectable EGA mode or W-EGA mode at step 114. Then, as an example of this decision approach, the coordinate location of all the shot fields on a wafer is computed with the application of EGA mode, and the difference (residuum) of this coordinate location (calculated value) and the coordinate location for which it asked at step 113 is searched for for every shot field. What is necessary is to be able to apply linear approximation, when the residuum of each shot field is small enough, namely, to think that it has only linear strain, and just to think that it has nonlinear distortion, when a residuum is conversely large.

[0124] Although it was made to carry out to selection of the optimal alignment sensor in the above example, various information (for example, a wafer, a substrate, the class of resist, thickness and the configuration of an alignment mark, a level difference, etc.) is described as identification code, for example to the lot (carrier) or the wafer, and you may make it equipment itself choose the optimal alignment sensor for a wafer by reading this identification code. Moreover, an alignment sensor may be which method of a TTR method, a TTL method, or an off axis method, and even if the detection method is also any of the LSA method like the above, the image-processing method like the FIA system 20, or 2 flux-of-light interference method like the LIA system 30 further, it is not cared about. Furthermore, the alignment approach of this invention may be realized by any of software and hardware in an aligner. Moreover, this invention is completely applicable similarly to repair equipment, a wafer prober, etc. besides the aligner of various methods including the aligners (a projection mold aligner, X-ray aligner, etc.) of a step-and-repeat method, a step and a scanning method, or a pro squeak tea method.

[0125]

[Effect of the Invention] Since multiple-times measurement of each coordinate location of two or more processing fields on a substrate is carried out and he is trying to choose the minimum thing of dispersion condition to the dispersion condition of the measurement result of the multiple times as optimal detection conditions as mentioned above according to this invention, the measurement repeatability of an alignment sensor can extract the best detection conditions. For this reason, since detection of the mark location on a subsequent substrate is detectable on the detection conditions statistically made the optimal, the dependability of a measurement result improves.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The flow chart Fig. showing an example of the alignment approach by the example of this invention.

[Drawing 2] Drawing showing the outline configuration of a suitable projection aligner to apply the alignment approach of this invention.

[Drawing 3] The block diagram of the control system of the projection aligner shown in drawing 2.

[Drawing 4] Drawing with which principle explanation of W1-EGA mode is presented.

[Drawing 5] Drawing with which principle explanation of W2-EGA mode is presented.

[Drawing 6] Drawing incidental to the shot field showing the configuration of 2 sets of alignment marks.

[Drawing 7] Drawing showing the normal distribution corresponding to the measurement repeatability (measurement distribution of errors) of an alignment sensor.

[Drawing 8] Drawing with which explanation of selection in alignment mode is presented.

[Drawing 9] The vector map in which the residuum of each shot field on a wafer is shown.

[Drawing 10] Drawing showing the relation between the superposition precision when changing only a weighting constant by the same sample shot arrangement, and a weighting constant.

[Description of Notations]

17 LSA System

41 LSA Arithmetic Unit

501 Alignment Data Storage Section

502 EGA Arithmetic Unit

505 Operation Part

506 Storage Section

507 Weight Generating Section

508 Sequence Controller

509 Random-Number-Generation Section

WS Wafer stage

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

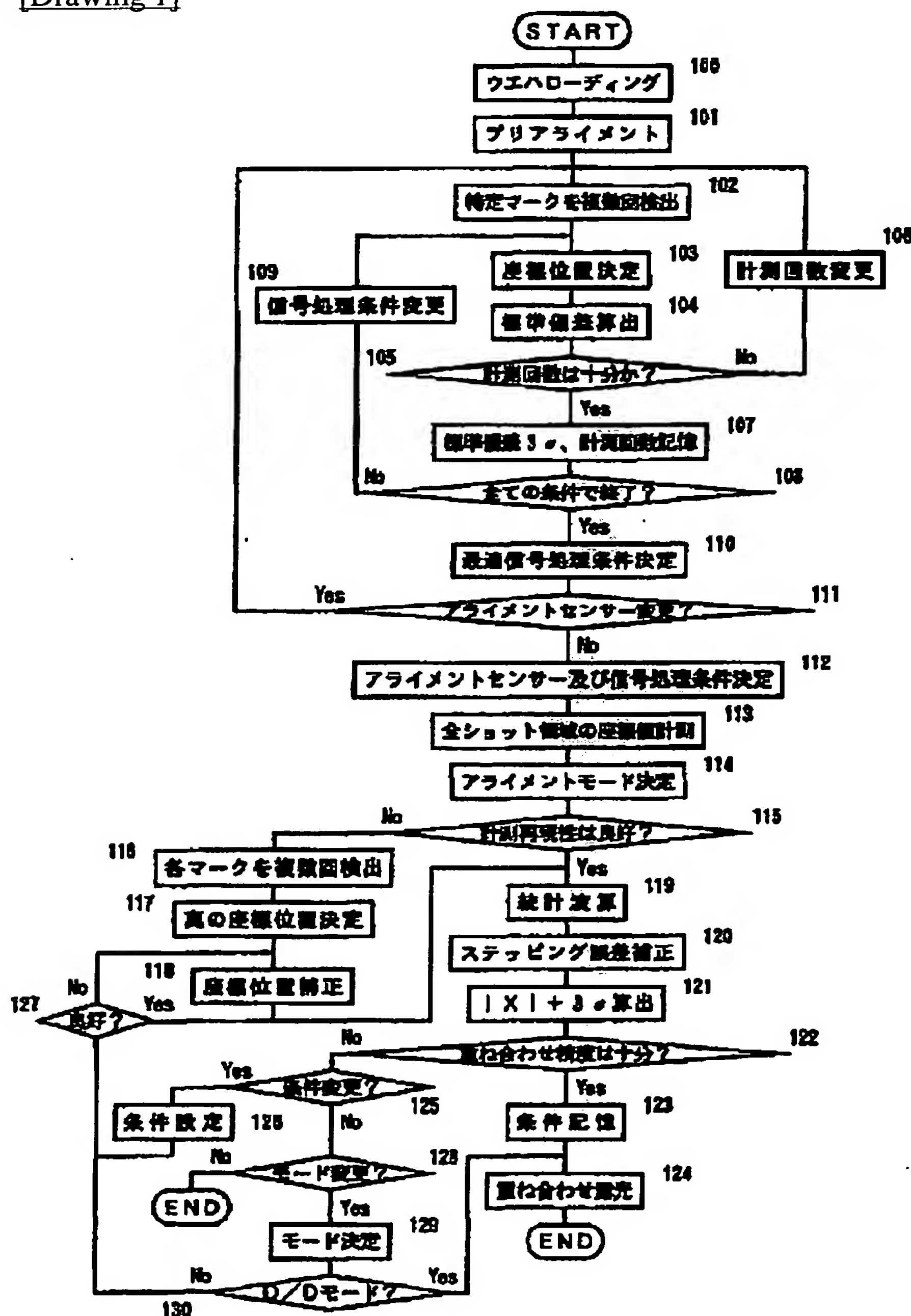
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

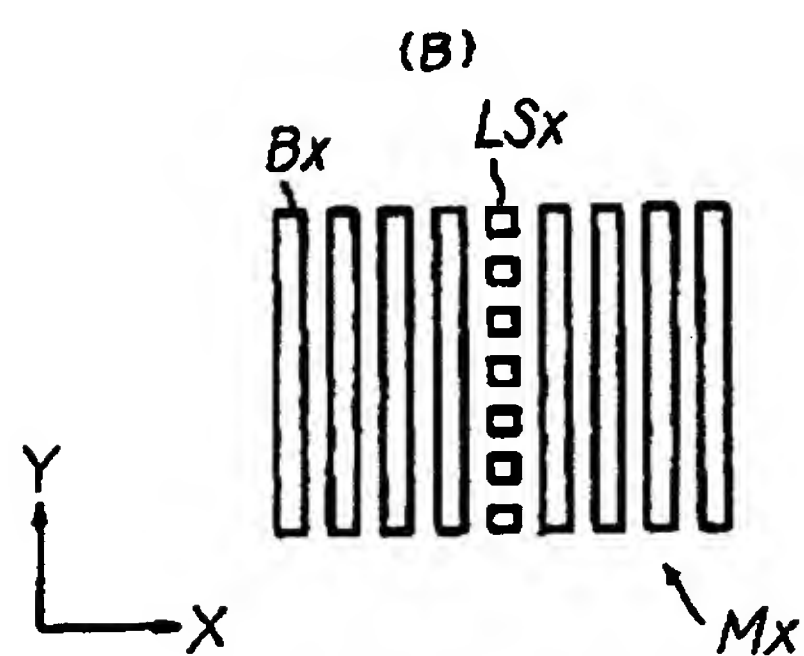
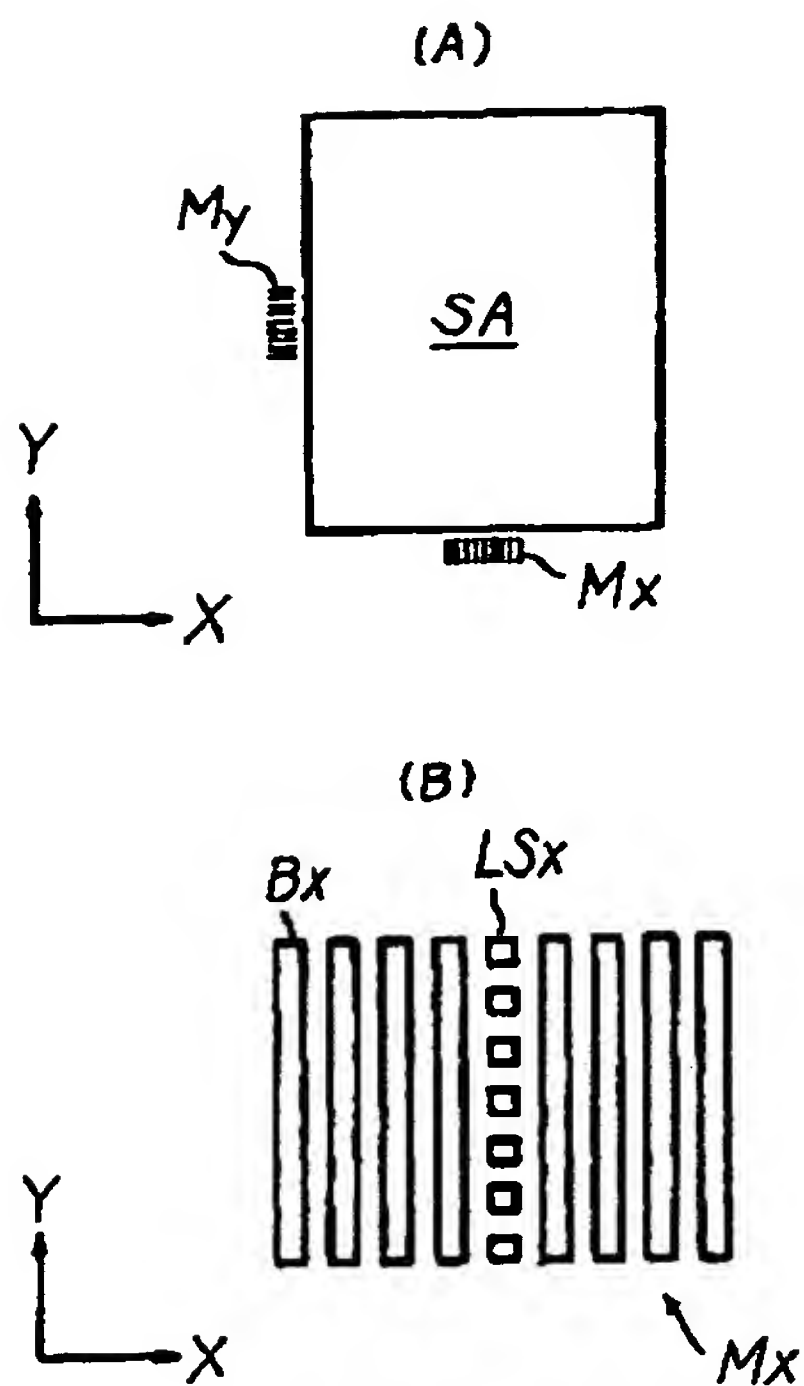
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

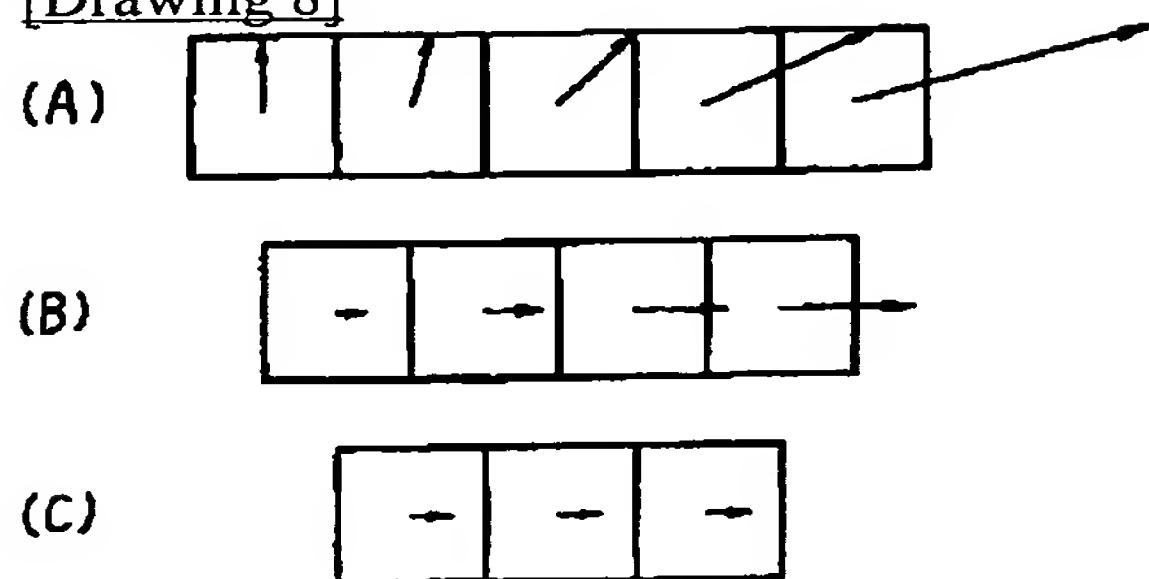
[Drawing 1]



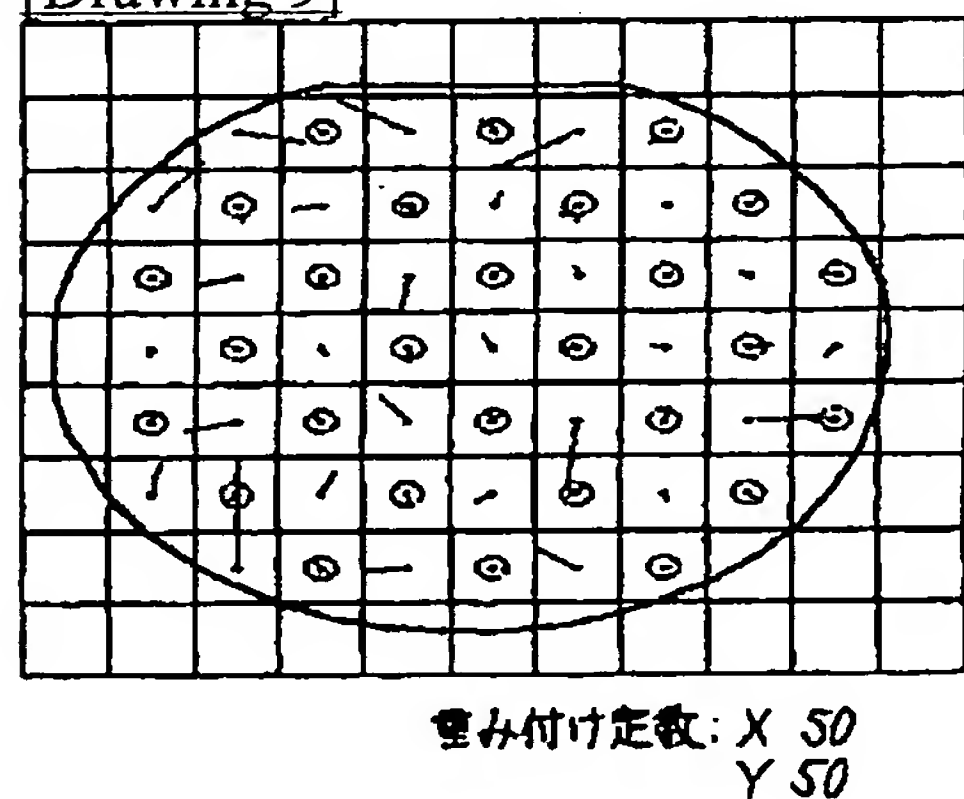
[Drawing 6]



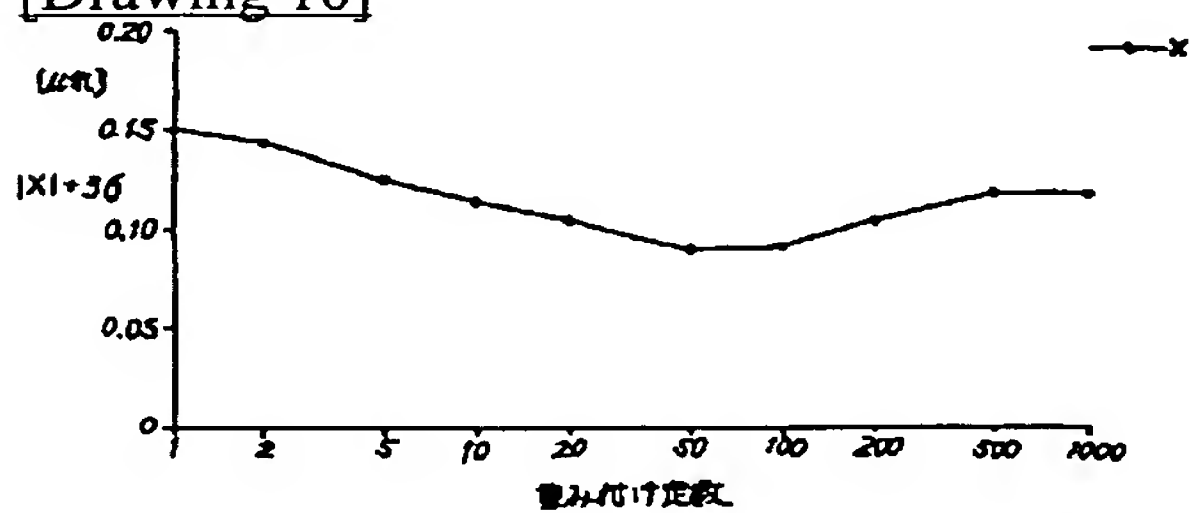
[Drawing 8]



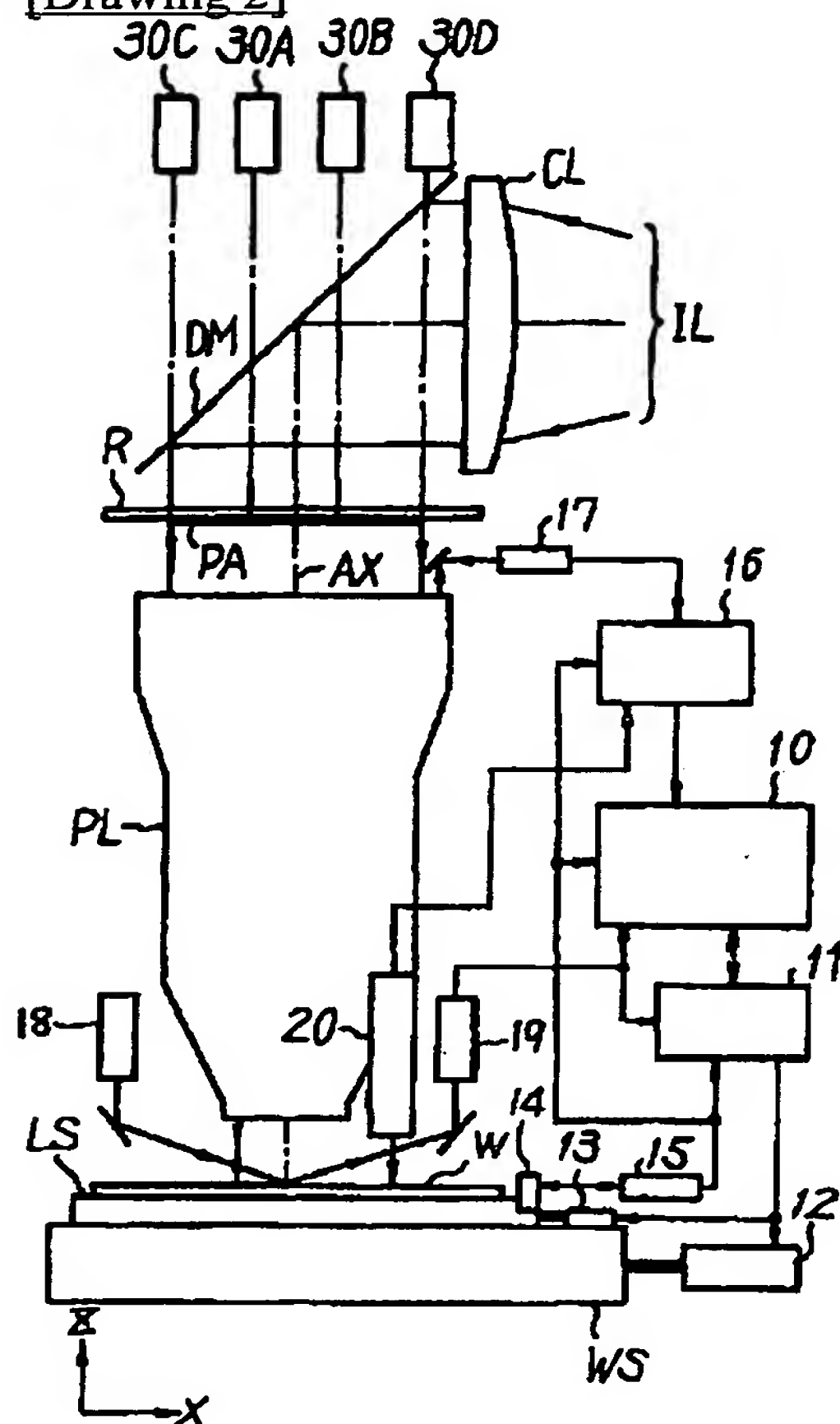
[Drawing 9]



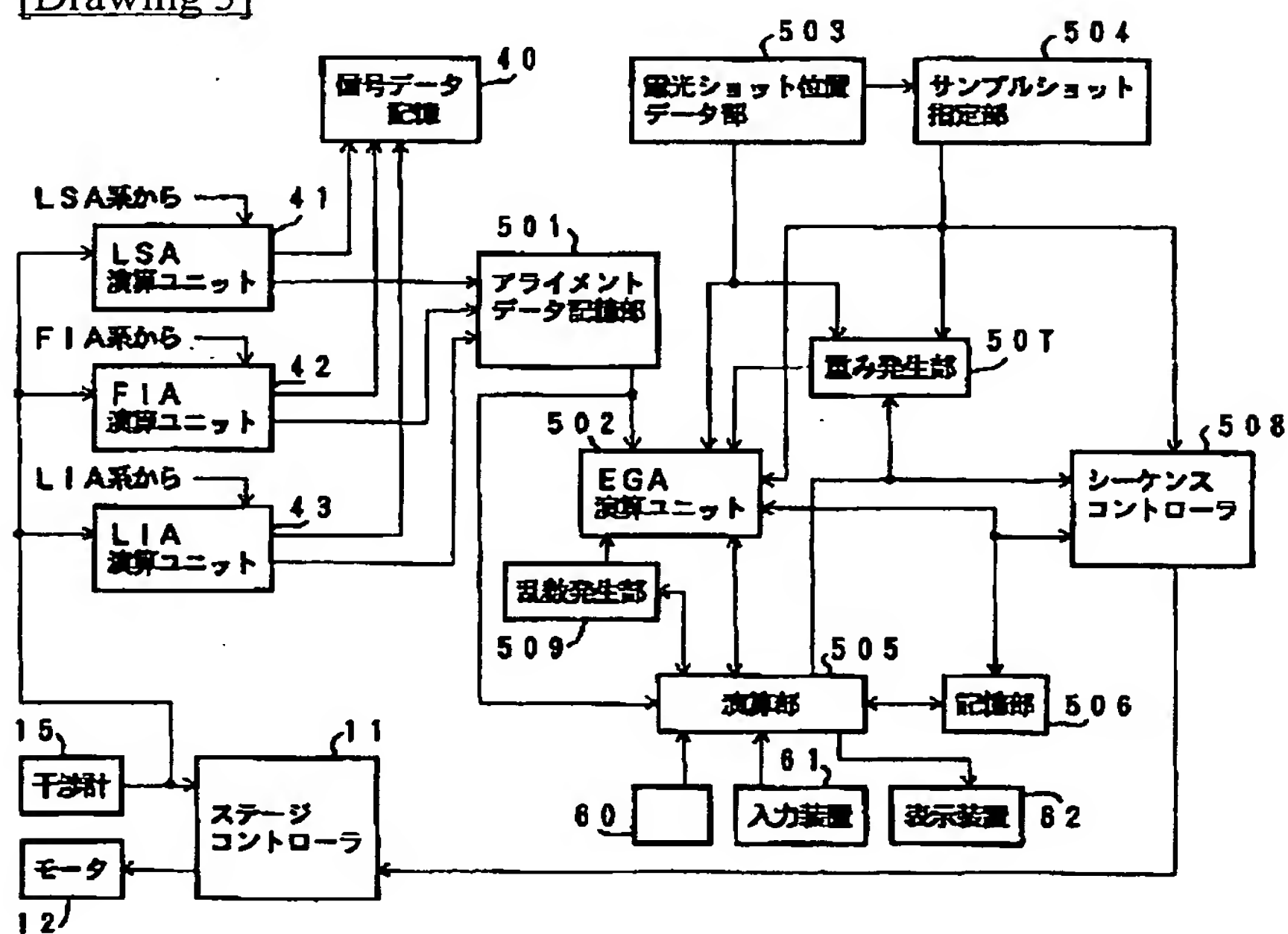
[Drawing 10]



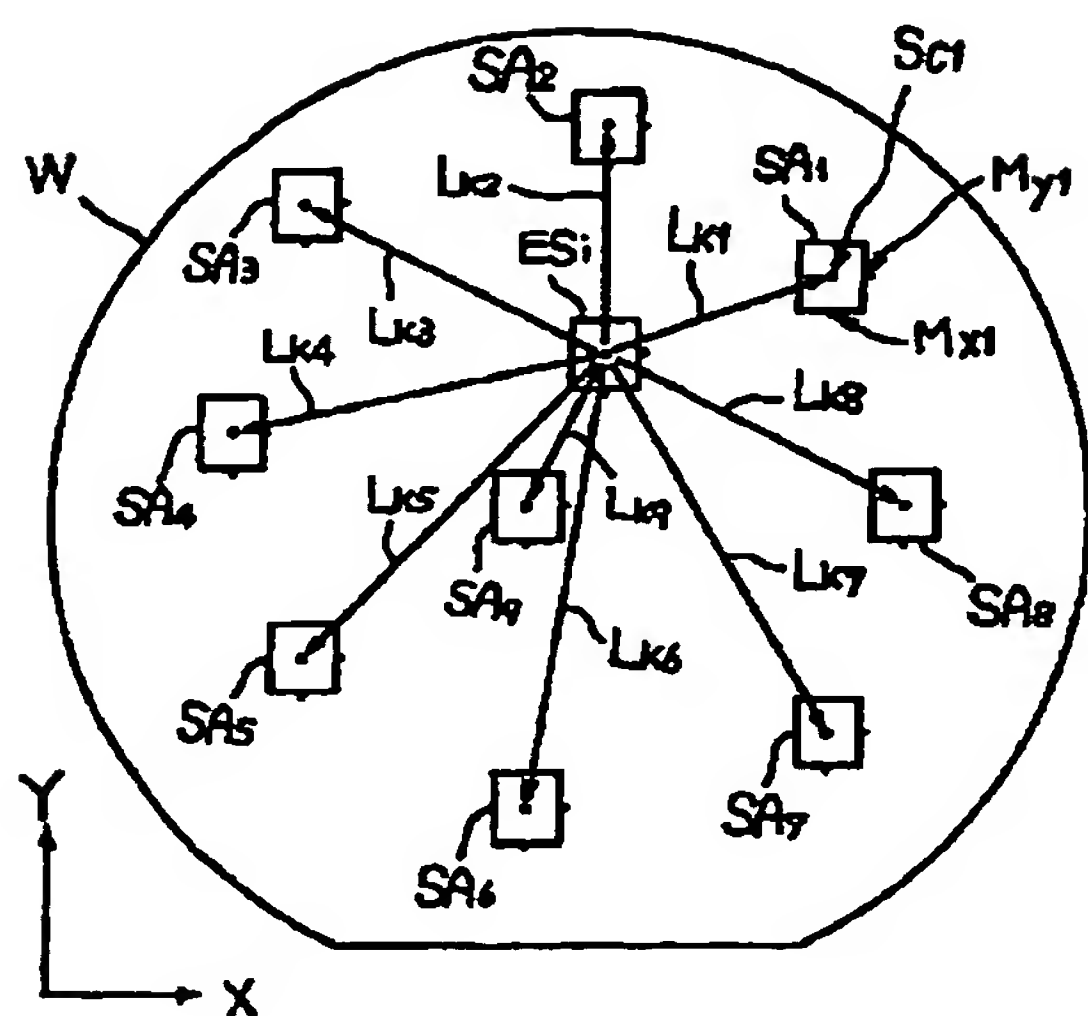
[Drawing 2]



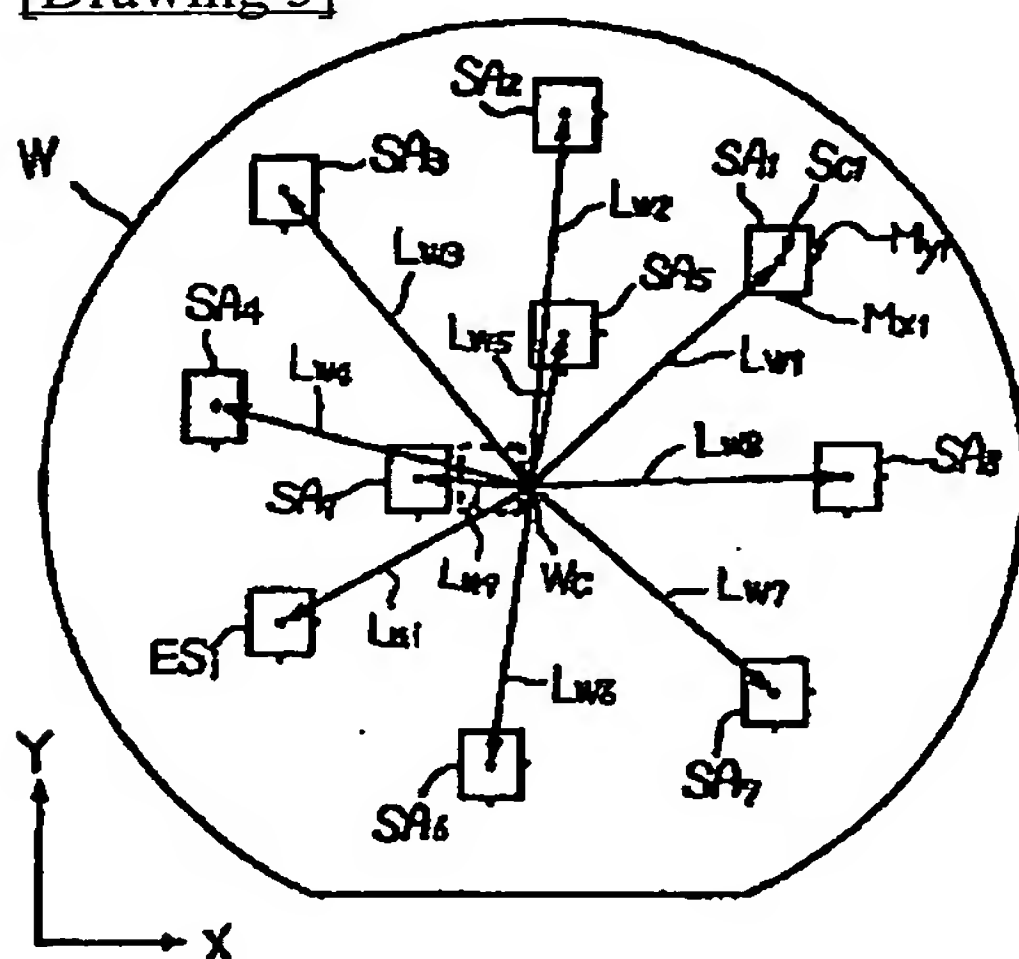
[Drawing 3]



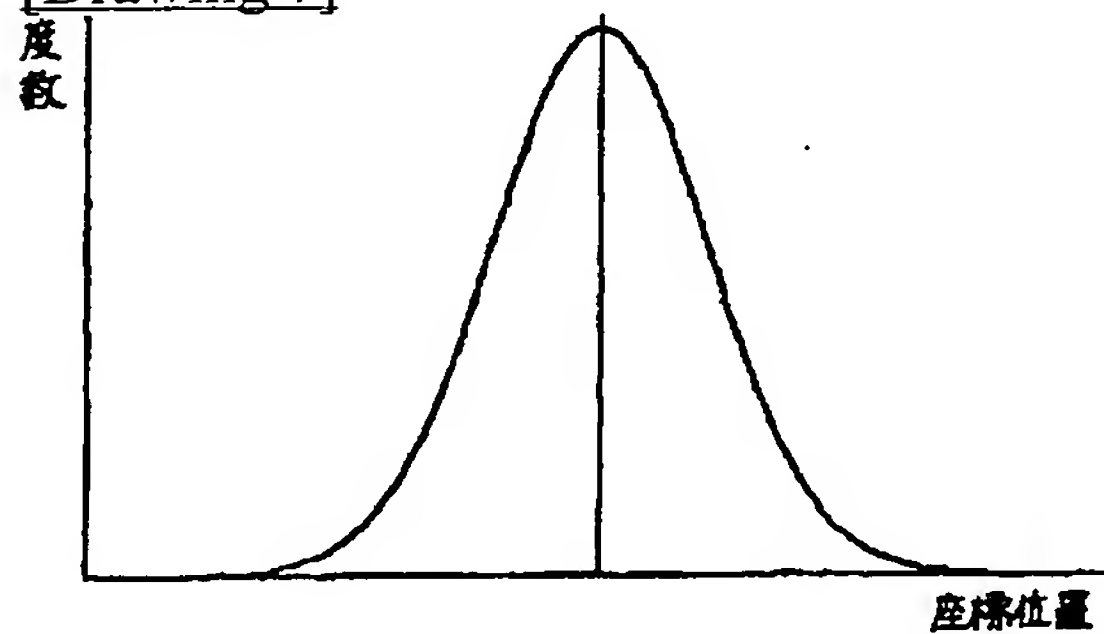
[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Drawing 7]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-173921
(P2000-173921A)

(43) 公開日 平成12年6月23日 (2000.6.23)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 2 0 A
G 0 3 F 9/00		G 0 3 F 9/00	A
		H 0 1 L 21/30	5 2 5 W
			5 2 5 X

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2000-27512(P2000-27512)
(62) 分割の表示 特願平5-19748の分割
(22) 出願日 平成5年2月8日 (1993.2.8)

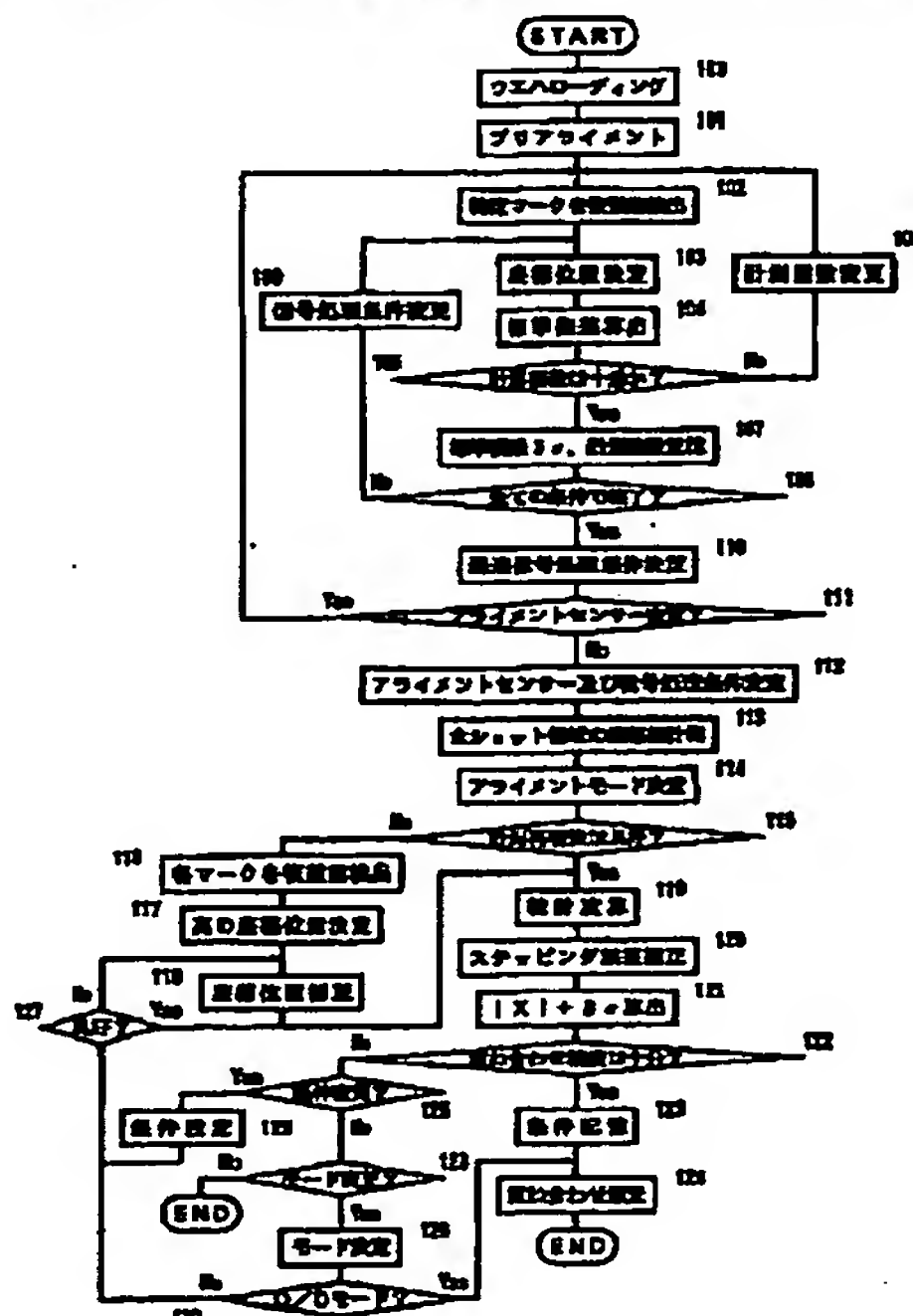
(71) 出願人 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(72) 発明者 入江 信行
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内
(72) 発明者 高根 栄二
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
式会社ニコン内

(54) 【発明の名称】 位置合わせ方法、その位置合わせ方法を用いた露光方法、その露光方法を用いたデバイス製造方法、そのデバイス製造方法で製造されたデバイス、並びに位置合わせ装置、その位置合わせ装置

(57) 【要約】

【目的】 センサーの計測再現性を考慮して最適な検出条件を選別する。

【構成】 基板 (W) 上に配列された複数の処理領域 (E S) の各々を、該基板の移動位置を規定する静止座標系内の所定の基準位置に対して位置合わせする位置合わせ方法であって、基板上に形成された特定マーク (アライメントマーク M y) を、それぞれ異なる複数の検出条件毎に複数回検出する第1工程 (S 1 0 2) と、前記第1工程で得られた複数の検出結果に基づいて、該検出結果のばらつき (σ または 3σ) を各検出条件毎に求める第2工程 (S 1 0 4, S 1 0 7) と、前記第2工程で得られた各検出条件毎の前記ばらつきを比較して、前記複数の検出条件の中から、最もばらつき度合いの小さい検出条件を自動的に選択する第3工程 (S 1 1 0, S 1 1 2) と、を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 設計上の配列情報に基づいて基板上に配列された複数の処理領域の各々を、該基板の移動位置を規定する静止座標系内の所定の基準位置に対して位置合わせする位置合わせ方法であって、前記基板上に形成された特定マークを、それぞれ異なる複数の検出条件毎に複数回検出する第1工程と、前記第1工程で得られた複数の検出結果に基づいて、該検出結果のばらつきを各検出条件毎に求める第2工程と、前記第2工程で得られた各検出条件毎の前記ばらつきを比較して、前記複数の検出条件の中から、最もばらつき度合いの小さい検出条件を自動的に選択する第3工程と、を有することを特徴とする位置合わせ方法。

【請求項2】 前記第2工程では、前記複数の検出結果の標準偏差を前記各検出条件毎に算出することを特徴とし、前記第3工程では、前記標準偏差が最小の検出条件を選択することを特徴とする請求項1に記載の位置合わせ方法。

【請求項3】 前記複数の検出条件は、前記特定マークに対応する検出信号を処理する際の複数の信号処理条件を含むことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の位置合わせ方法。

【請求項4】 前記複数の検出条件は、前記特定マークの検出に用いられるそれぞれ検出原理の異なる複数のセンサーを含むことを特徴とする請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載の位置合わせ方法。

【請求項5】 前記複数の検出条件は、前記特定マークの検出に用いられるそれぞれ検出原理の異なる複数のセンサーを含み、前記第3工程では、前記信号処理条件毎に求められた前記ばらつき度合いに基づいて最適な信号処理条件を前記センサー毎に選択した後に、前記ばらつき度合いに基づいて前記複数のセンサーから最適なセンサーを選択することを特徴とする請求項3に記載の位置合わせ方法。

【請求項6】 前記複数の処理領域の前記静止座標系における位置情報を、前記選択された検出条件の下で計測し、該計測された位置情報に基づいて、前記静止座標系における前記複数の処理領域の各々の最終的な位置情報を決定することを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれか1項に記載の位置合わせ方法。

【請求項7】 前記計測された位置情報を前記最終的な位置情報とする第1モードと、前記計測された位置情報を統計処理して得られた位置情報を前記最終的な位置情報とする第2モードと、前記計測された位置情報重み付けし且つ該重み付けされた位置情報を統計処理して得られた位置情報を前記最終的な位置情報とする第3モードとのうちのいずれか1つを、前記設計上の配列情報と前記計測された位置情報との間の誤差情報に基づいて選択

し、前記選択されたモードに従って、前記最終的な位置情報を決定することを特徴とする請求項6に記載の位置合わせ方法。

【請求項8】 前記複数の処理領域のうちの、隣り合う処理領域の前記誤差情報の単位長さ当たりの変化量の向き及び大きさがほぼ等しければ前記第2モードを選択することを特徴とする請求項の7に記載の位置合わせ方法。

10 【請求項9】 前記複数の処理領域のうちの、前記隣り合う処理領域の前記誤差情報の前記変化量の変化量の標準偏差に基づいて、前記モードの選択を行い、前記変化量の標準偏差が所定値を越えていれば前記第1モードを選択し、前記所定値以下ならば第3モードを選択することを特徴とする請求項8に記載の位置合わせ方法。

【請求項10】 請求項1乃至請求項9のいずれか1項に記載の位置合わせ方法により、所定パターンと相対的に位置合わせされた前記基板上に、前記所定パターンを転写する工程を含むことを特徴とする露光方法。

20 【請求項11】 請求項10に記載の露光方法を用いて、前記基板を、前記所定パターンで露光する工程を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項12】 請求項11に記載のデバイス製造方法により製造されたことを特徴とするデバイス。

【請求項13】 設計上の配列情報に基づいて基板上に配列された複数の処理領域の各々を、該基板の移動位置を規定する静止座標系内の所定の基準位置に対して位置合わせする位置合わせ装置であって、前記基板上に形成された特定マークを、それぞれ異なる複数の検出条件毎に複数回検出する検出手段と、前記検出手段により得られた複数の検出結果に基づいて、該検出結果の標準偏差を各検出条件毎に算出する算出手段と、前記算出された各検出条件毎の前記標準偏差を比較して、前記複数の検出条件の中から、前記標準偏差が最小の検出条件を選択する選択手段と、を有することを特徴とする位置合わせ装置。

40 【請求項14】 前記複数の検出条件は、前記特定マークに対応する検出信号を処理する際の複数の信号処理条件を含むことを特徴とする請求項13に記載の位置合わせ装置。

【請求項15】 前記検出手段は、それぞれ検出原理の異なる複数のセンサーを含み、前記選択手段は、前記複数のセンサーからいずれか1つを選択することを特徴とする請求項13または請求項14に記載の位置合わせ装置。

50 【請求項16】 請求項13乃至請求項15のいずれか1項に記載の位置合わせ装置を有し、前記位置合わせ装置により所定パターンと相対的に位置

合わせされた前記基板上に、前記所定パターンを転写することを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、基板上に配列された複数の処理領域（ショット領域、チップパターン）の各々を所定の基準位置に対して位置合わせする方法に関し、特に半導体素子や液晶表示素子製造のリソグラフィ工程で使用される露光装置に好適な位置合わせ方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、ステップアンドリピート方式、ステップアンドスキャン方式等の露光装置、ウエハプローバ、あるいはレーザーリペア装置等においては、基板上に配列された複数のチップパターン領域（ショット領域）の各々を、基板の移動位置を規定する静止座標系内の所定の基準点（例えば各種装置の加工処理点）に対して極めて精密に位置合わせ（アライメント）する必要がある。特に露光装置では、マスクまたはレチクル（以下、レチクルと称す）に形成されたパターンの露光位置に対して基板をアライメントするに際して、製造段階のチップでの不良品の発生による歩留りの低下を防止するように、その位置合わせ（アライメント）精度を常に高精度かつ安定に維持しておくことが望まれている。

【0003】通常、リソグラフィ工程ではウエハ上に10層以上の回路パターン（レチクルパターン）を重ね合わせ露光するが、各層間でのアライメント（重ね合わせ）精度が悪いと、回路上の特性に不都合が生じ得る。すなわちチップが所期の特性を満足せず、最悪の場合にはそのチップが不良品となり、歩留りを低下させ得る。そこで露光工程では、ウエハ上の複数のショット領域の各々に予めアライメント用マークを付設しておき、重ね合わせ露光すべきレチクルパターンを基準としてそのマーク位置（座標値）を検出する。しかる後、このマーク位置情報に基づいてウエハ上の1つのショット領域をレチクルパターンに対して位置合わせ（位置決め）するウエハアライメントが行われる。

【0004】ウエハアライメントには大別して2つの方式があり、1つはウエハ上のショット領域毎にそのアライメントマークを検出して位置合わせを行うダイ・バイ・ダイ（D/D）アライメント方式である。もう1つは、ウエハ上のいくつかのショット領域のみのアライメントマークを検出してショット配列の規則性を求めることで、各ショット領域を位置合わせするグローバル・アライメント方式である。現在のところ、デバイス製造ラインではスループットとの兼ね合いから、主にグローバル・アライメント方式が使用されている。特に現在では、例えば特開昭61-44429号公報、特開昭62-84516号公報、特開昭62-291133号公報等が開示されているように、ウエハ上のショット配列の

規則性を統計的手法によって精密に特定するエンハンスド・グローバル・アライメント（EGA）方式が主流となっている。

【0005】EGA方式とは、1枚のウエハにおいて予め特定ショット領域として選択された複数個（3個以上必要であり、通常10～15個程度）のショット領域のみの座標位置を計測し、これらの計測値から統計演算処理（最小二乗法等）を用いてウエハ上の全てのショット領域の座標位置（ショット配列）を算出した後、この算出したショット配列に従って一義的にウエハステージをステップングさせていくものである。このEGA方式は計測時間が短くて済み、ランダムな計測誤差に対して平均化効果が期待できるという長所がある。

【0006】ここで、EGA方式で行われている統計処理方法について簡単に述べる。さて、ウエハ上の m （ $m \geq 3$ なる整数）個の特定ショット領域（サンプルショット）の設計上の配列座標を (X_n, Y_n) （ $n=1, 2, \dots, m$ ）とし、設計上の配列座標からのずれ $(\Delta X_n, \Delta Y_n)$ について線形モデル、すなわち、

【0007】

【数1】

$$\begin{bmatrix} \Delta X_n \\ \Delta Y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a & b \\ c & d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_n \\ Y_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e \\ f \end{bmatrix}$$

【0008】を仮定する。さらに、 m 個のサンプルショットの各々の実際の配列座標（計測値）を $(\Delta x_n, \Delta y_n)$ としたとき、このモデルを当てはめたときの残差の二乗和 E は次式で表される。

【0009】

【数2】

$$E = \sum \{(\Delta x_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta y_n - \Delta Y_n)^2\}$$

【0010】そこで、この式を最小にするようなパラメータ a, b, c, d, e, f を求めれば良い。EGA方式では、上記の如く算出されたパラメータ $a \sim f$ と設計上の配列座標とに基づいて、ウエハ上の全てのショット領域の配列座標が算出されることになる。

【0011】以上のように、EGA方式ではウエハ上のショット配列誤差が線形であるものとして扱っている、換言すればEGA演算は線形な1次近似である。このため、ウエハ上の局所的な配列誤差変動、すなわち非線形な要因には対応しきれないといった問題があった。そこで、本願出願人は局所的な配列誤差（非線形歪み）が存在するウエハであっても、所定の基準位置に対して全てのショット領域を高精度、高速にアライメント可能な位置合わせ方法の特願平4-297121号として出願した。以下、この公知ではない位置合わせ方法について説明する。

【0012】さて、第1の位置合わせ方法は「規則的な非線形歪み」に対して有効なもので、「規則的な非線形歪みを持つ基板であっても、当該基板上の局所領域内で

の配列誤差はほぼ等しい」ことに着目している。そこで、第1の位置合わせ方法(W1-E G A方式)はE G A方式を基本とし、図4に示すようにウエハW上のi番目のショット領域E S iの座標位置を決定する際、当該領域E S iとm個(図4ではm=9)のサンプルショットS A1 ~ S A9の各々との間の距離L K1~L K9に応じて9個のサンプルショットの座標位置の各々に重み付けW_{in}を与えることを特徴としている。そこで、W1-E G A方式ではサンプルショット毎にその2組のアライメントマーク(Mx1、My1)を検出した後、上記数式2と同様に残差の二乗和E_iを次式(数式3)で評価し、次式が最小となるように演算パラメータa~fを決定する。尚、ここではショット領域毎に使用するサンプルショットの数や位置は同一であるが、当然ながらショット領域毎に各サンプルショットまでの距離は異なるので、その座標位置に与える重み付けW_{in}はショット領域毎に変化する。このため、ショット領域毎に演算パラメータa~fを決定してその座標位置を算出することにより、全てのショット領域の座標位置が決定される。

【0013】

【数3】

$$E_i = \sum_{n=1}^m W_{in} \{(\Delta x_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta y_n - \Delta Y_n)^2\}$$

【0014】ここで、W1-E G A方式ではウエハW上のショット領域毎に、各サンプルショットの座標位置に対する重み付けW_{in}を変化させる。このため、次式のように重み付けW_{in}を、i番目のショット領域E S iとn番目のサンプルショットS A_nとの距離L_{kn}の関数として表す。但し、Sは重み付けの度合いを変更するためのパラメータである。

【0015】

【数4】

$$W_{in} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}S} e^{-L_{kn}^2/2S}$$

【0016】尚、数式4から明らかなように、i番目のショット領域E S iまでの距離L_{kn}が短いサンプルショットほど、そのアライメントデータ(座標位置)に与える重み付けW_{in}が大きくなるようになっている。

【0017】また、数式4においてパラメータSの値が十分大きい場合、統計演算処理の結果は従来のE G A方式で得られる結果とほぼ等しくなる。一方、ウエハ上の露光すべきショット領域を全てサンプルショットとし、パラメータSの値を十分に零に近づけると、D/D方式で得られる結果とほぼ等しくなる。すなわち、W1-E G A方式ではパラメータSを適当な値に設定することにより、E G A方式とD/D方式の中間の効果を得ることができる。例えば、非線形成分が大きなウエハに対しては、パラメータSの値を小さく設定することで、D/D方式とほぼ同等の効果(アライメント精度)を得ること

ができる。すなわち、W1-E G A方式において非線形成分によるアライメント誤差を良好に除去することが可能となる。また、アライメントセンサの計測再現性が悪い場合には、パラメータSの値を大きく設定することで、E G A方式とほぼ同等の効果を得ることができ、平均化効果によりアライメント誤差を低減することが可能となる。

【0018】以上のことから、W1-E G A方式ではパラメータSの値を適宜変更することで、E G A方式からD/D方式までその効果を変えることができる。従って、各種レイアに対し、例えば非線形成分の特徴(例えば大小、規則性等)、ステップピッチ、アライメントセンサの計測再現性の良否等に応じてアライメントを柔軟に変更させ、各レイアに対して最適な条件でアライメントを行うことが可能となる。

【0019】次に、第2の位置合わせ方法は「規則的、特に点対称な非線形歪み」に対して有効なもので、「点対称という規則的な非線形歪みを持つ基板であっても、当該基板上で点対称中心からの距離が等しい位置での配列誤差の大きさはほぼ等しい」ことに着目している。以下、図5を参照して第2の位置合わせ方法(W2-E G A方式)を説明するが、ここでは説明を簡単にするため、ウエハWに規則的、特に点対称な非線形歪みが生じ、かつその点対称中心がウエハセンタと一致しているものとする。

【0020】さて、W2-E G A方式でもE G A方式を基本とし、ウエハ上の着目点となるウエハの変形中心点(非線形歪みの点対称中心)、すなわちウエハセンタW_cとウエハW上のi番目のショット領域E S iとの間の距離(半径)L_{Ei}、及びウエハセンタW_cとm個(図5ではm=9)のサンプルショットS A1 ~ S A9の各々との間の距離(半径)L_{W1}~L_{W9}に応じて、9個のサンプルショットの座標位置の各々に重み付けW_{in}'を与えることを特徴としている。そこで、W2-E G A方式ではサンプルショット毎にその2組のアライメントマーク

(Mx1、My1)を検出した後、残差の二乗和E_i'を次式(数式5)で評価し、次式が最小となるように演算パラメータa~fを決定する。尚、W2-E G A方式でも各座標位置に与える重み付けW_{in}'はショット領域毎に変化するため、ショット領域毎に統計演算を行ってパラメータa~fを決定してその座標位置を決定する。

【0021】

【数5】

$$E_i' = \sum_{n=1}^m W_{in}' \{(\Delta x_n - \Delta X_n)^2 + (\Delta y_n - \Delta Y_n)^2\}$$

【0022】ここで、ウエハW上のショット領域毎に、各サンプルショットに対する重み付けW_{in}'を変化させるため、次式のように重み付けW_{in}'を、ウエハW上のi番目のショット領域E S iとウエハセンタW_cとの距離(半径)L_{Ei}の関数として表す。但し、Sは重み付け

の度合いを変更するためのパラメータである。

【0023】

【数6】

$$W_{i,s'} = \frac{1}{\sqrt{2\pi s}} e^{-\frac{(L_{Ei}-L_{Wc})^2}{2S}}$$

【0024】尚、数式6から明らかなように、ウエハセンタ W_c に対する距離（半径） L_{Wc} が、ウエハセンタ W_c とウエハ W 上の i 番目のショット領域 E_{Si} との間の距離（半径） L_{Ei} に近いサンプルショットほど、そのアライメントデータに与える重み付け $W_{in'}$ が大きくなるようになっている。換言すれば、ウエハセンタ W_c を中心とした半径 L_{Ei} の円上に位置するサンプルショットのアライメントデータに対して最も大きな重み付け $W_{in'}$ を与えることとし、当該円から半径方向に離れるに従ってアライメントデータに対する重み付け $W_{in'}$ を小さくするようになっている。また、 $W2$ -EGA方式でもパラメータ S の値を適宜変更することで、EGA方式から D/D 方式までその効果を変えることができる。

【0025】さて、 $W1$ -EGA方式や $W2$ -EGA方式（以下、特に区別する必要がないときはまとめて W -EGA方式と呼ぶ）ではサンプルショットのアライメントデータに対する重み付けの度合いをパラメータ S により変更可能となっている。以下、パラメータ S の決定方法について説明する。露光装置内の演算ユニットには以下の数式7が格納されており、例えばオペレータが重みパラメータ D を所定値に設定すると、自動的にパラメータ S 、すなわち重み付け W_{in} 、又は $W_{in'}$ が決定されることになる。

【0026】

【数7】

$$S = \frac{D^2}{8 \cdot \log_e 10}$$

【0027】ここで、重みパラメータ D の物理的意味は、ウエハ上の各ショット領域の座標位置を計算するのに有効なサンプルショットの範囲（以下、単にゾーンと呼ぶ）である。従って、ゾーンが大きい場合は有効なサンプルショットの数が多くなるので、従来のEGA方式で得られる結果に近くなる。逆にゾーンが小さい場合は、有効なサンプルショットの数が少なくなるので、 D/D 方式で得られる結果に近くなる。また、パラメータ S の決定式は数式7に限られるものではなく、以下の数式8を用いるようにしても良い。但し、 A はウエハの面積（単位は mm^2 ）、 m はサンプルショットの数、 C は補正係数（正の実数）である。

【0028】

【数8】

$$S = \frac{A}{m \cdot C}$$

【0029】数式8はウエハサイズ（面積）やサンプルショット数の変化をパラメータ S の決定に反映させることで、当該決定に際して使用すべき補正係数 C の最適値があまり変動しないようにしたものである。ここで、補正係数 C が小さい場合はパラメータ S の値が大きくなるので、数式7と全く同様に従来のEGA方式で得られる結果に近くなる。逆に補正係数 C が大きい場合はパラメータ S の値が小さくなるので、数式7と同様に D/D 方式で得られる結果に近くなる。

【0030】

【発明が解決しようとする課題】ところで、EGA方式ではサンプルショットの配置（個数、位置）を予め最適化しておかないと、所望の重ね合わせ（アライメント）精度が得られないという問題があった。そこで、アライメントセンサーを用いてウエハ上の全てのショット領域の座標位置を計測するとともに、サンプルショットの数と位置との少なくとも一方を順次変更しながらウエハ上の全てのショット領域の座標位置を統計演算により算出する。さらに、各条件毎にその算出された座標位置と実測した座標位置との位置ずれ量を求め、全てのショット領域でこの位置ずれ量が所定の許容値以下となる条件を選択（決定）している。これにより、サンプルショットの配置が最適化されることになる。

【0031】しかしながら、ウエハ表面の荒れ等に起因してアライメントセンサーの計測精度が悪いと、前述の如くサンプルショット配置を最適化した上でEGA方式を適用して重ね合わせ露光を行っても、所望の重ね合わせ精度が得られないという問題が生じる。すなわち、信頼性が低い座標位置（計測値）のもとで決定したサンプルショット配置は、必ずしもウエハ（ショット配列）に対して最適化されているとは言えず、見掛け上最適化されたサンプルショット配置では所望の重ね合わせ精度を得られるものではない。

【0032】また、ウエハに対して計測再現性が悪いアライメントセンサーを使用しても、所望の重ね合わせ精度が得られるようにするには、EGA方式が持つ平均化効果を向上させる、すなわちサンプルショット数を通常よりも増やすようにその最適化が行われなければならない。しかしながら、前述の最適化方法はアライメントセンサーの計測再現性に依らず、単に上記位置ずれ量が許容値以下となるようにサンプルショット配置を順次変更しているに過ぎない。従って、上記位置ずれ量が許容値以下となるまでサンプルショット数が増え続けることもあるが、逆にアライメントセンサーの計測再現性が悪い

のにもかかわらず、わずかな数のサンプルショットだけをもってその配置が最適化されたものとするところがある。前者の場合、サンプルショット数は確かに増え得るが、計測再現性に関係なく増えるに過ぎず、所望の重ね合わせ精度が得られるとは限らない。一方、後者の場合はサンプルショット配置が見掛け上最適化されているに過ぎない。すなわち、前述の方法では計測再現性までも考慮したサンプルショット配置の最適化を行うことは不可能であり、ウエハによってアライメントセンサーの計測再現性が悪くなっても、それに伴う重ね合わせ精度の低下を防止することができないという問題があった。

【0033】さらに、W-E G A方式でもサンプルショット数を通常よりも増やす、あるいはE G A方式とほぼ同等の効果が得られるようにパラメータSの値を十分大きくすることで平均化効果が向上し、アライメントセンサーの計測再現性が悪くても所望の重ね合わせ精度を得ることは可能となる。しかしながら、W-E G A方式に対して前述の最適化方法を適用すると、例えばウエハの非線形歪みが大きいとき、パラメータSの値はD/D方式とほぼ同等の効果が得られる、すなわち零に近づくように最適化されることになる。このため、ショット領域毎の重ね合わせ精度は計測再現性に大きく左右され、計測再現性を考慮しないと要求精度を満足しているか否かを判定することは難しい。従って、W-E G A方式でもその処理条件（サンプルショットの配置、パラメータSの値等）を前述の方法で最適化することは不可能であり、ウエハによって重ね合わせ精度が大幅に低下するという問題が生じる。

【0034】また、E G A方式、W-E G A方式のいずれでも、パイロットウエハを用いて重ね合わせ露光（試し焼き）しながら各処理条件を最適化することも考えられるが、最適化に要する時間、及び作業者の負担が増大するという問題がある。さらに同一ロット内のウエハであれば、その表面状態は全てのウエハではほぼ同じであると思われるが、ロットが異なるウエハでは同一のアライメントセンサーを用いてもその計測再現性が異なることがある。このため、ロット毎に試し焼きを行って処理条件を最適化しなければならない、作業時間、負担が大幅に増大する。しかも、プロセスウエハを用いなければ、アライメントセンサーの計測再現性までも考慮した最適化を行うことができないため、計測専用のプロセスウエハが必要となって歩留り、スループットが大幅に低下するという問題もある。

【0035】本発明は以上の点を考慮してなされたものであり、基板に対するアライメントセンサーの計測再現性までも考慮してE G A方式やW-E G A方式の各処理条件を最適化するに際して、その前にまず、アライメントセンサーの計測再現性を考慮した最適な検出条件（信号処理条件や最適なセンサーなど）の選別を行って、最適な検出条件で位置計測を行うことを目的としている。

このように最適な検出条件で計測した位置情報を使用することにより、その後に行われる前述したようなE G A方式やW-E G A方式の各処理条件の最適化の精度を向上させることを目的としている。

【0036】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために請求項1に記載の発明では、設計上の配列情報に基づいて基板(W)上に配列された複数の処理領域(E S)の各々を、該基板の移動位置を規定する静止座標系内の所定の基準位置に対して位置合わせする位置合わせ方法であって、前記基板上に形成された特定マーク(アライメントマークMy)を、それぞれ異なる複数の検出条件毎に複数回検出する第1工程(S102)と、前記第1工程で得られた複数の検出結果に基づいて、該検出結果のばらつき(σ または 3σ)を各検出条件毎に求める第2工程(S104, S107)と、前記第2工程で得られた各検出条件毎の前記ばらつきを比較して、前記複数の検出条件の中から、最もばらつき度合いの小さい検出条件を自動的に選択する第3工程(S110, S112)と、を有することとした。

【0037】また請求項13に記載の発明では、設計上の配列情報に基づいて基板(W)上に配列された複数の処理領域(E S)の各々を、該基板の移動位置を規定する静止座標系内の所定の基準位置に対して位置合わせする位置合わせ装置に、前記基板上に形成された特定マーク(My)をそれぞれ異なる複数の検出条件毎に複数回検出する検出手段(17, 18, 30, 41~43)と、前記検出手段により得られた複数の検出結果に基づいて、該検出結果の標準偏差(σ または 3σ)を各検出条件毎に算出する算出手段(505)と、前記算出された各検出条件毎の前記標準偏差を比較して、前記複数の検出条件の中から、前記標準偏差が最小の検出条件を選択する選択手段(505)とを構成した。

【0038】

【作用】本発明(請求項1、13に記載の発明)によれば、基板上の複数の処理領域の各々の座標位置を複数回計測し、その複数回の計測結果のばらつき具合から、そのばらつき具合の最小のものを最適な検出条件として選択するようにしているので、アライメントセンサーの計測再現性が最も良い検出条件を抽出することができる。このため、その後の基板上のマーク位置の検出を、統計的に最適とされた検出条件で検出することができるので、計測結果の信頼性が向上する。

【0039】

【実施例】図2は本発明の実施例による位置合わせ方法を適用するのに好適な投影露光装置の概略的な構成を示す図、図3は図2に示した投影露光装置の制御系のブロック図である。図2において、露光用照明系(不図示)からの照明光IL(i線、KrF、ArFエキシマレーザ等)は、コンデンサーレンズCL、及びダイクロイッ

クミラーDMを介してレチクルRのパターン領域PAをほぼ均一な照度で照明する。パターン領域PAを通過した照明光ILは、両側テレセントリックな投影光学系PLに入射し、投影光学系PLはパターン領域PAに形成された回路パターンの像を、表面にレジスト層が形成されたウエハW上に結像投影する。ウエハWはウエハホルダ（不図示）を介してZステージLS上に載置されており、ZステージLSはモータ13によって投影光学系PLの光軸AX方向（Z方向）に微動するとともに、任意方向に傾斜可能に構成されている。ZステージLSは、モータ12によりステップアンドリピート方式でX、Y方向に2次元移動可能なウエハステージWS上に載置されている。ウエハステージWSのX、Y方向の位置はレーザ干渉計15（図2では1組だけ示す）によって、例えば0.01 μ m程度の分解能で常時検出される。ZステージLSの端部には、干渉計15からのレーザビームを反射する移動鏡14が固定されている。

【0040】さて、図2には3種類のアライメントセンサー、すなわちTTR(Through The Reticle)方式のLIA(Laser Interferometric Alignment)系30A~30D、TTL(Through The Lens)方式のLSA(Laser Step Alignment)系17、及びオフアクシス方式のFIA(Field Image Alignment)系20が設けられている。

【0041】TTR方式のLIA系30A~30Dは、例えば特開平4-7814号公報、特開平4-45512号公報に開示されているように、レチクル上のアライメントマークに対しては互いに周波数が異なる2本のレーザビームを分離して照射する。さらにレチクルマークから発生する2本の1次回折光を、ウエハとほぼ共役な面内に配置されたモニター用回折格子板に照射し、当該格子板からほぼ同一方向に発生する回折光同士の干渉光を光電検出する。一方、ウエハ上のアライメントマークに対しては、レチクル上のアライメントマークに隣接した透明窓、及び投影光学系を通過した2本のビームを所定の交差角で照射し、当該マークからほぼ同一方向に発生する回折光同士の干渉光を光電検出するものである。4組のLIA系30A~30Dの各々からの光電信号は信号処理回路16（図3のLIA演算ユニット43）に入力し、ここで2つの光電信号の波形上の位相差からレチクルRとウエハW（ショット領域）との相対的な位置ずれ量が検出される。尚、LIA系30A、30BはX方向の位置ずれを検出し、LIA系30C、30DはY方向の位置ずれを検出するもので、以下の説明で4組のLIA系を特に区別する必要がないときは単にLIA系30と呼ぶ。

【0042】TTL方式のLSA系17は、例えば特開昭60-130742号公報に開示されているように、投影光学系PLを介してX方向に延びた細長い帯状スポット光をウエハ上に形成し、スポット光とアライメントマーク（回折格子マーク）とをY方向に相対走査したと

きにマークから発生する回折光（又は散乱光）を光電検出するものである。LSA系17からの光電信号は、干渉計15からの位置信号とともに信号処理回路16（図3のLSA演算ユニット41）に入力し、ここでアライメントマークのY方向の位置が検出される。尚、図2ではY方向の位置を検出するLSA系（Y-LSA系）のみを示したが、実際にはX方向の位置を検出するもう1組のLSA系（X-LSA系）も配置されている。以下の説明で2組のLSA系を特に区別する必要がないときは単にLSA系と呼ぶ。

【0043】さらにFIA系20は、例えば特開平2-54103号公報、特開平4-65603号公報に開示されているように、所定の波長幅を有する照明光（例えば白色光）をウエハに照射して、アライメントマークの像と、対物レンズによってウエハと共役な面内に配置された指標板上の指標マークの像とを、リレーレンズ系を介して撮像素子（CCDカメラ等）の受光面上に結像するものである。FIA系20からの画像信号も信号処理回路16（図3のFIA演算ユニット42）に入力し、ここでアライメントマークの位置が検出される。尚、指標板には4本のバーマークが指標マークとして形成される、すなわちY方向に延びた2本の第1バーマークがX方向に所定間隔だけ離れて形成され、かつX方向に延びた2本の第2バーマークがY方向に所定間隔だけ離れて形成されている。また、FIA系20は2組の撮像素子を有し、一方の撮像素子は2本の第1バーマークに挟まれたアライメントマークMxを検出し、他方の撮像素子は2本の第2バーマークに挟まれたアライメントマークMyを検出する。従って、FIA演算ユニット42は各撮像素子からの画像信号を入力することで、X、Y方向のマーク位置を同時に検出することが可能となっている。

【0044】ところで、図6（A）に示すようにウエハW上には、複数のショット領域SAの各々に付随して2組のアライメントマークMx、Myが設けられており、アライメントセンサーを用いて2組のアライメントマークMx、Myを検出することで、ショット領域の直交座標系XY（2組の干渉計によって規定される静止座標系）上での位置を求めることができる。図6（B）はアライメントマーク（Xマーク）Mxの具体的な構成を示す。XマークMxは、7個のドットマークが所定ピッチでY方向に形成された回折格子マークLSxを中心とし、回折格子マークLSx、及びY方向に延びた8本のバーマークが所定ピッチでX方向に配列されたものである。尚、アライメントマーク（Yマーク）MyもXマークMxと同一形状であり、その配列方向が互いに直交しているだけなので、ここでは説明を省略する。また、本実施例ではLSA系、FIA系、及びLIA系の各々でアライメントマークMx、Myを検出可能である、すなわちアライメントマークMx、MyはLSA系、FIA

系、及びLIA系の共通マークとなっている。

【0045】主制御系10は、信号処理回路16からの位置情報に基づいて、ウェハW上の全てのショット領域の座標位置を算出したり、アライメントセンサーの計測再現性に応じてEGA方式やW-EGA方式での処理条件を最適化する他、装置全体を統括制御する。また、斜入射光方式の焦点位置検出系18、19は、例えば特開昭58-113706号公報に開示されているように、ウェハ上に照射されるスリットパターンの像を同期検波方式で光電検出して、投影光学系PLの光軸AX方向の位置（移動量）を求めるものである。ステージコントローラ11は主制御系10からの駆動指令に従い、干涉計15、焦点位置検出系18、19からの情報に基づき、モータ12、13を介してウェハステージWSやZステージLSを駆動制御する。

【0046】次に、図3を参照して上記装置の制御系の具体的な構成について説明する。本実施例では、信号データ記憶部40から符号順にLIA演算ユニット43までが図2中の信号処理回路16を構成し、アライメントデータ記憶部501から符号順に乱数発生部509まで

【0047】図3において、LSA演算ユニット41はLSA系17からの光電信号と干涉計15からの位置信号とを入力し、ウェハステージWSの単位移動量毎に発生するアップダウンパルスに同期して光電信号をサンプリングする。さらに、各サンプリング値をデジタル値に変換してメモリに番地順に記憶した後、所定の演算処理によってウェハマークのY方向の位置を算出し、この情報をアライメントデータ記憶部501に出力する。また、LSA演算ユニット41での信号処理条件、例えば

【0048】また、FIA演算ユニット42はFIA系20からの画像信号に基づき、所定の演算処理により指標マークに対するウェハマークの位置ずれ量を算出する。さらに干涉計15からの位置信号も入力して、ウェハマークの像が指標マークの中心に正確に位置した（位置ずれ量が零となる）ときのウェハステージWSの座標位置を求め、この情報をアライメントデータ記憶部501に出力する。FIA演算ユニット42での信号処理条件、例えば波形解析アルゴリズム、スライスレベル、コントラストリミット値等も、演算部505からの指令に従って適宜変更される。

【0049】さらにLIA演算ユニット43は、ウェハ上のアライメントマークから発生する±1次回折光の干涉光の光電信号と2本の送光ビームから別途作成された参照用干涉光の光電信号との波形上の位相差、及びモニター用回折格子板から発生する±1次回折光の干涉光の光電信号と参照用干涉光の光電信号との波形上の位相差からレチクルRとウェハWとの相対的な位置ずれ量を算

出する。また、干涉計15からの位置信号を用いて、上記ずれ量が零となるときのウェハステージWSの座標位置を求め、これらの情報をアライメントデータ記憶部501に出力する。尚、LIA演算ユニット43にはアライメントマークからの±1次回折光の干涉光を用いる第1モード、0、2次回折光の干涉光を用いる第2モード、及び第1モードと第2モードの各々での干涉光の強度を比較して、その強度値が大きい方を選択して使用する第3モードがある。LIA演算ユニット43での信号処理条件とは以上の3つのモードを指し、演算部505からの指令に応じて3つのモードが適宜切り替えられる。

【0050】ところで、信号データ記憶部40はLSA系17からの光電信号、例えばLSA演算ユニット41にてデジタル値に変換された波形データを記憶する。また、FIA系20からの画像信号、及び4組のLIA系30A~30Dの各々からの光電信号も記憶することが可能となっている。また、アライメントデータ記憶部501は、3つの演算ユニット41~43の各々からのマーク位置情報を入力可能となっている。

【0051】EGA演算ユニット502は、演算部505で決定されるアライメントモードに従い、3つの演算ユニット41~43からの位置情報を用いて統計演算を行うものであり、その演算結果（演算パラメータ、配列座標等）は演算部505、記憶部506、及びシーケンスコントローラ508に送られる。例えばEGAモードが選択された場合には、記憶部501に記憶された複数個（3個以上で、通常10~15個程度）のショット領域（サンプルショット）の各々の座標位置に基づいて、統計演算（数式2）によりウェハ上の全てのショット領域の配列座標を算出する。W-EGAモードが選択された場合には、複数個のサンプルショットの各座標位置、及び重み発生部507で決定される重み付けに基づき、統計演算（数式3、5）によりウェハ上の全てのショット領域の配列座標を算出する。尚、EGA演算ユニット502では配列座標の算出に先立って演算パラメータa~fが算出されるので、この情報も記憶部506に格納しておく。

【0052】また、重み発生部507は重み付け関数（数式4、6）、及びパラメータSの決定式（数式7、又は8）を格納している。従って、重み発生部507は演算部505（又はオペレータ）で決定される重みパラメータD、又は補正係数C、露光ショット位置データ部503に格納されたショット領域の設計上の座標位置、及びサンプルショット指定部504に格納されたサンプルショット配置に基づいて、サンプルショットの座標位置に与える重み付けを決定する。

【0053】演算部505は複数のアライメントモード（EGA、W-EGA、D/Dモード）の中からウェハに最適なモードを選択（決定）し、当該モードをEGA

演算ユニット502、及びシーケンスコントローラ508に設定する。特にW-EGAモードを選択したときには重みパラメータD、又は補正係数C、さらに必要ならば非線形歪みの点対称中心点までも決定し、この情報を重み発生部507に出力する。また、演算部505は統計演算（平均化処理）によりショット領域の真の座標位置（第1の座標位置）、及びアライメントセンサーの計測再現性（標準偏差 3σ ）を求める。乱数発生部509は、この真の座標位置及び標準偏差を持つ正規分布乱数をEGA演算ユニット502に出力する（詳細後述）。

【0054】ここで、演算部505がEGAモード、又はW-EGAモードを選択したとき、EGA演算ユニット502は各サンプルショットの座標位置に正規分布乱数を与えた上で統計演算（最小二乗演算）を行い、ウエハ上の全てのショット領域の座標位置（第2の座標位置）を算出する。このとき、演算部505は第1の座標位置と第2の座標位置との位置ずれ量（重ね合わせ誤差）を求め、要求精度を満足していなければ、サンプルショット指定部504、重み発生部507、乱数発生部509に指令を与え、サンプルショット配置、重み付け、正規分布乱数を変更する。また、シーケンスコントローラ508は各種データに基づいてアライメント時やステップアンドリピート方式の露光時のウエハステージWSの移動を制御するための一連の手順を決定するとともに、装置全体を統括制御するものである。

【0055】露光ショット位置データ部503はウエハ上の全てのショット領域の設計上の配列座標値（配列モデル）を格納し、この座標値はEGA演算ユニット502、重み発生部507、及びサンプルショット指定部504に出力される。サンプルショット指定部504は、データ部503からのショット位置情報に基づいてEGA演算に使用するサンプルショットの配置（個数、位置）を決定し、この情報はEGA演算ユニット502、重み発生部507、及びシーケンスコントローラ508に送られる。

【0056】ここで、EGAモードでは複数のサンプルショットをウエハ周辺に多角形を描くように配置し、W-EGAモードではウエハ全面にまんべんなくサンプルショットを配置することが望ましい。従って、指定部504はEGAモードとW-EGAモードの各々で、上記条件を満足するようにサンプルショット配置を決定することになる。特にW1-EGAモードでは、非線形歪みの変化が大きな部分領域内のショット領域をサンプルショットとして選択するように、サンプルショット配置を決定することが有効である。また、W2-EGAモードでは非線形歪みの点対称中心を基準としたX字型、又は十字型のサンプルショット配置とすることも有効である。

【0057】さらに図3中には、複数枚（25枚程度）のウエハを収納するカセット（ロット）、又はウエハに付された識別コード（バーコード等）を読み取る装置6

0、オペレータが各種処理条件を主制御系10（演算部505）に入力するための入力装置（キーボード等）61、及びショット領域の配列誤差、EGA演算ユニット502での処理条件（サンプルショット配置、重み付け、正規分布乱数）、各条件のもとで算出した重ね合わせ精度、現在使用されているアライメントモードをオペレータに知らせるための表示装置（ブラウン管等）62が設けられている。主制御系10は、識別コードに記された情報に基づいてウエハ上のアライメントマークを検出するのに最適なアライメントセンサーを選択し、この選択したアライメントセンサーを用いてマーク検出を行う。識別コードには、ロット内に収納されたウエハの形成条件、すなわち基板、下地、レジストの種類や膜厚、及びアライメントマークの形状、段差に関する情報等を記入しておけば良い。尚、識別コードにアライメントセンサー名を記入しておくだけでも構わない。また、識別コードを用いずとも、オペレータが入力装置61を介して主制御系10にアライメントセンサーを設定するようにしても良い。

【0058】次に、図1を参照して図2、図3に示した投影露光装置の露光シーケンスについて説明する。ここで、本実施例では同一ロット内に収納された複数枚、例えば25枚のウエハを一括処理することを前提とし、さらにロット内の全てのウエハは同一条件、工程で各種処理が施されているものとする。

【0059】図2に示した投影露光装置において、シーケンスコントローラ508はロット内の先頭（1枚目）のウエハWをウエハステージWS上にローディングする（ステップ100）。次に、ステップ101においてシーケンスコントローラ508は、アライメントセンサーを用いてウエハWのプリアライメントを実行する。このとき、例えばウエハ中心に関してほぼ対称に周辺部に位置する2つのアライメントマークを検出する。さらに、2つのマークの座標位置からウエハWの残留回転誤差を算出し、この回転誤差が零となるようにウエハホルダ（不図示）を微小回転させる。これにより、ウエハWのプリアライメントが終了する。尚、ここで使用するアライメントセンサーはLSA系とFIA系のいずれか一方とする。

【0060】次に、ステップ102においてシーケンスコントローラ508は、LSA系、FIA系、LIA系のうちの1つ、例えばLSA系（特にY-LSA系17）を用いて、ウエハW上の任意の1つのショット領域に付随したアライメントマークMy（以下、特定マークと呼ぶ）を複数回、例えば10回だけ検出（相対走査）する。このとき、Y-LSA系17は走査毎に得られる光電信号をLSA演算ユニット41に出力する。LSA演算ユニット41は、Y-LSA系17から順次出力される光電信号をデジタル値に変換してその波形データを記憶部40に出力するとともに、予め演算部505（又

はオペレータ)により定められた信号処理条件のもとで波形処理を行い、各信号毎にその座標位置を決定する。この結果、1つの特定マークについて10個の座標位置が求まり、各座標位置は記憶部501に記憶される(ステップ103)。

【0061】さて、ステップ104において演算部505は、ステップ103で記憶部501に格納された10個の座標位置を統計演算、例えば平均化処理して特定マークの座標位置を決定するとともに、10個の座標位置のばらつき(標準偏差 σ 、又は 3σ)を求める。図7は演算部505で求めた座標位置(平均値)と標準偏差(3 σ)とを持つ正規分布を表しており、図7の正規分布はY-LSA系17の計測再現性に対応したものとなっている。

【0062】次に、演算部505(又はオペレータ)はステップ104で求めた標準偏差に応じて、ステップ102での特定マークの計測回数が十分であるか否かを判断する(ステップ105)。ここで、本実施例では計測回数を10回に設定したので、標準偏差(3 σ)が悪い、換言すれば正規分布(図7)がブロードな分布であれば、計測回数(データ数)が不十分と判断してステップ106に進む。一方、標準偏差(3 σ)が良好、換言すれば正規分布がシャープな分布であれば、計測回数(データ数)は十分と判断してステップ107に進む。尚、計測回数を予め大きな値、例えば20回程度に設定しておく、正規分布がブロードであっても計測回数は十分と判断してステップ107に進むこともある。

【0063】さて、ステップ105で計測回数は十分と判断されると、演算部505はステップ104で求めた座標位置(平均値)、及び標準偏差(3 σ)、さらに前述の計測回数(10回)を記憶部506に格納する(ステップ107)。このとき、演算部505はLSA演算ユニット41での信号処理条件や計測回数と共に、記憶部506に格納された座標位置と標準偏差とを持つ正規分布(図7)を表示装置62上に表示する。尚、計測回数が多過ぎるときにはその設定値を減らした上で記憶部506に格納するようにしても良い。

【0064】一方、ステップ105で計測回数が不十分と判断されると、演算部505はステップ104で求めた標準偏差に応じて特定マークの計測回数を変更(追加)する(ステップ106)。ここでは15回追加し、計測回数を合計25回に変更する。以下、ステップ102、103を再度実行して、追加回数(15回)と同数の座標位置を記憶部501に格納する。この結果、記憶部501には合計25個の座標位置が格納されることになる。さらに演算部505は、25個の座標位置を用いて特定マークの座標位置(平均値)、及び標準偏差(3 σ)を求める(ステップ104)。ここでは既に計測回数が追加されているので、計測回数(データ数)は十分と判断して直ちにステップ107に進み、演算部505

はステップ104で求めた座標位置(平均値)、及び標準偏差(3 σ)、さらには計測回数(25回)を記憶部506に格納することになる。以下では、計測回数を追加して合計25回としたものとして説明を行う。

【0065】次に、ステップ108において演算部505(又はオペレータ)は、複数の信号処理条件の各々で標準偏差(3 σ)を求めたか否かを判断する。ここでは1つの信号処理条件のもとで標準偏差を求めただけなので、ステップ109に進む。複数の信号処理条件は、予め演算部505、又はオペレータによって、ロット毎に定められるものである。ステップ109において演算部505は、LSA演算ユニット41で変更可能な複数の条件のうちの少なくとも1つ、例えば波形解析アルゴリズムを変更する。

【0066】次に、LSA演算ユニット41は既に記憶部40に格納されている25個の波形データを順次読み出して新たな信号処理条件のもとで波形処理を行い、各座標位置を記憶部501に出力する(ステップ103)。演算部505は、新たに求めた25個の座標位置から特定マークの座標位置(平均値)、及び標準偏差(3 σ)を算出して記憶部506、及び表示装置62に出力する(ステップ104)。さらに、全ての信号処理条件の各々で標準偏差(3 σ)を求めたか否かを判断する(ステップ108)。以下、全ての信号処理条件で標準偏差(3 σ)を求めるまで上記動作を繰り返し実行する。このとき、表示装置62では画面が複数に分割され、この分割された画面毎に各信号処理条件での標準偏差(正規分布)が表示される。または、同一グラフ(画面)上に全ての信号処理条件での正規分布を区別して表示しても良いし、あるいは画面を切り換えて信号処理条件毎にその正規分布を順次表示可能としても良い。

【0067】さて、全ての信号処理条件で標準偏差(3 σ)を求めた時点で、演算部505(又はオペレータ)は記憶部506に格納された複数の標準偏差を比較して、その値が最も小さい標準偏差を選択するとともに、この選択した標準偏差が得られたときの信号処理条件を最適な条件として決定する(ステップ110)。ここで、標準偏差(3 σ)が最も小さくなるということは信号処理条件が最適化され、しかもアライメントセンサーの計測再現性が最も良くなると考えることができる。但し、標準偏差(3 σ)、すなわちアライメントセンサーの計測再現性は信号処理条件以外の要因、例えば各種プロセスによるウエハ表面の荒れ等によっても大幅に悪化する。このため、標準偏差(3 σ)が最も小さくなくても、アライメントセンサーの計測再現性が所定の許容値以下となる、換言すれば座標位置(計測値)の信頼性が高くて真の座標位置と見做すことができるとは必ずしも言えない。

【0068】尚、記憶部506に格納されたデータのうち、先に選択した標準偏差(及び座標位置)や最適な信

号処理条件以外のデータは消去しても構わない。また、信号処理条件毎の各種データ（標準偏差等）を全て記憶部506に格納せずとも、2番目以降の信号処理条件での標準偏差（ 3σ ）が既に記憶部506に格納されている標準偏差よりも小さくなるときのみ、記憶部506内のデータに置き換えてその信号処理条件での各種データを格納するようにしても良い。さらに、ステップ107において標準偏差（ 3σ ）が許容値以下となったら、全ての信号処理条件で標準偏差を求めていなくても、信号処理条件が最適化されたものとして直ちにステップ110に移行しても構わない。

【0069】次に、演算部505はアライメントセンサーを変更するか否かを判断する。すなわち、LSA系、FIA系、及びLIA系の各々で、信号処理条件を変更しながら最も小さな標準偏差（ 3σ ）を求めたか否かを判断する（ステップ111）。ここではLSA系でのみ標準偏差を求めただけなので、直ちにステップ102に戻り、シーケンスコントローラ508はFIA系20を用いて特定マーク（LSA系で検出したマークと同一）を複数回、例えば10回程度検出する。FIA系20（撮像素子）では特定マークの像と指標マークの像とを複数回にわたって電氣的に走査し、当該走査毎に得られる画像信号をFIA演算ユニット42に出力することになる。以下、FIA系20でもステップ102～110を実行し、LSA系と同様に最も小さな標準偏差（ 3σ ）、及び最適な信号処理条件を決定する。

【0070】また、FIA演算ユニット42の信号処理条件が最適化されたら再度ステップ102に戻り、シーケンスコントローラ508はLIA系30を用いて特定マーク（LSA系、FIA系で検出したマークと同一）を複数回、例えば10回程度検出する。LIA系30は正弦波状の光電信号を出力し続けるため、LIA演算ユニット43は正弦波状の光電信号を単位時間毎に複数回にわたって取り込むことになる。このとき、1回当たりの光電信号の取り込み時間は同じである。以下、LIA系でもステップ102～110を実行し、LSA系、FIA系と同様に最も小さな標準偏差（ 3σ ）、及び最適な信号処理条件を決定する。尚、前述の通りLIA系30では信号処理条件として3つのモードがあるが、ここでは±1次回折光の干渉光を検出する第1モードと0、2次回折光の干渉光を検出する第2モードの各々で標準偏差を求めれば良い。

【0071】さて、LSA系、FIA系、及びLIA系の各々で最も小さな標準偏差を求めたらステップ112に移行し、記憶部506内の3つの標準偏差を比較して、ウエハに対して最も計測再現性が良い（最も標準偏差が小さい）アライメントセンサーを選択（決定）する。このとき、表示装置62上に各標準偏差を持つ正規分布を表示し、オペレータが最適なアライメントセンサーを選択するようにしても良い。ここではLSA系が選

択されたものとし、記憶部506に格納された最適な信号処理条件をLSA演算ユニット41に設定するとともに、最適な信号処理条件のもとで求めた標準偏差（ 3σ ）を乱数発生部509に出力する。以上により、ウエハに対して最適なアライメントセンサーの選択、及び信号処理条件の最適化が終了する。

【0072】次に、シーケンスコントローラ508はLSA系を用いてウエハW上の全てのショット領域の各々に付随した2組のアライメントマーク M_x 、 M_y を検出し、LSA系は各マークで得られた光電信号をLSA演算ユニット41に出力する。LSA演算ユニット41は、ステップ112で設定された信号処理条件のもとで波形処理を行い、各マークの座標位置を求めて記憶部501に出力する（ステップ113）。

【0073】さらに、記憶部501内の全てのショット領域の座標位置を用いて、ウエハW（ショット配列）に最適なアライメントモードを決定する（ステップ114）。まず、演算部505はショット領域毎の配列誤差、すなわち記憶部501内の座標位置（計測値）とデータ部503内の座標位置（設計値）との差（ずれ量）を求める。図8（A）は5つのショット領域の配列誤差をベクトル表示したものである。しかる後、演算部505はウエハ全面で、隣り合うショット領域の配列誤差の単位長さ当たりの変化量を算出する。図8（B）は図8（A）の5つのショット領域における上記変化量をベクトル表示したものである。さらに演算部505は、図8（B）の如き隣り合う変化量の変化量（図8（C））を算出した後、ウエハ全面での当該変化量（図8（C））の標準偏差（ σ 、又は 3σ ）を求める。ここで求めた配列誤差、配列誤差の変化量、及び標準偏差（変化量の変化量）は記憶部506に格納され、かつ表示装置62上にその数値とともにベクトル表示される。このとき、表示装置62上にはショット領域毎の配列誤差（図8（A））のみをベクトル表示しておき、オペレータの指示に従って配列誤差の変化量（図8（B））、変化量の変化量（図8（C））、及び標準偏差（正規分布）の各々を順次切り換えて表示するようにしても良い。

【0074】ここで、図8（B）の配列誤差の変化量に着目すると、ウエハ全面で各変化量（ベクトル）の向き、及び大きさがほぼ等しければ、ウエハWは線形歪みを持つと考えられ、アライメントモードとしてEGAモードが選択される。また、変化量の向きと大きさとの少なくとも一方がばらついている場合には標準偏差に着目し、この標準偏差が所定値以下であれば、ウエハWは規則的な非線形歪みを持つと考えられ、アライメントモードとしてW-EGAモードが選択される。一方、標準偏差が所定値を越えていれば、ウエハWはランダムな誤差（不規則な非線形歪み）を持つと考えられ、アライメントモードとしてD/Dモードが選択される。

【0075】以上の判断基準に従って、演算部505

(又はオペレータ)は最適なアライメントモードを選択(決定)する。ここではEGAモードが選択されたものとし、EGA演算ユニット502に対してEGAモードを指定してからステップ115に進む。尚、本実施例ではステップ114でEGAモードとW-EGAモードのいずれか一方のみを選択可能としても良い。このとき、D/Dモードは選択不可能となり、ステップ114では図8(C)の如き変化量(標準偏差)まで求める必要はない。

【0076】次に、演算部505(又はオペレータ)はステップ112で選択したアライメントセンサーの計測再現性、すなわち標準偏差(3 σ)が良好であるか否かを判断する。換言すれば、ステップ113で求めた座標位置の信頼性が高く、真の座標位置と見做せるか否かを判断する(ステップ115)。そこで、ステップ112で決定された最適な信号処理条件のもとで得られ、ステップ107で記憶した標準偏差(3 σ)を記憶部506から読み出し、この読み出した標準偏差と所定の許容値とを比較する。ここで、標準偏差が許容値以下となっている、すなわち計測再現性が良好であると判断されると直ちにステップ119に進み、逆に標準偏差が許容値を越えている、すなわち計測再現性が悪いと判断されるとステップ116に進む。以下では、計測再現性が悪いと判断されたものとして説明を行う。

【0077】さて、シーケンスコントローラ508はLSA系を用いて、ウエハW上の全てのショット領域の各々に付随した2組のアライメントマークM_x、M_yを複数回(例えばステップ107で記憶した計測回数(25回)と同数とする)ずつ検出し、LSA系は走査毎に得られる光電信号をLSA演算ユニット41に出力する。LSA演算ユニット41は、LSA系から順次出力される光電信号を波形処理してアライメントマーク毎にその複数(25個)の座標位置を求め、各座標位置を記憶部501に出力する(ステップ116)。このとき、ステップ112で信号処理条件が最適化されているため、LSA演算ユニット41でデジタル値に変換された波形データを記憶部40に格納する必要はない。

【0078】さて、演算部505はアライメントマーク毎に、ステップ116で記憶部501に格納された複数(25個)の座標位置を統計演算、例えば平均化処理して、その平均値を真の座標位置(本発明の第1の座標位置)として決定し、アライメントマーク毎の真の座標位置を記憶部506に出力する(ステップ117)。このとき、演算部505はショット領域毎に、真の座標位置と設計上の座標位置との差(配列誤差)を求め、ショット領域毎の配列誤差を表示装置62上にベクトル表示しても良い。ここでは、同一マークを複数回計測して計測値の信頼性を向上させたとき、たとえアライメントセンサーの計測再現性が悪くても、複数の計測値から決定した座標位置(平均値)は真の座標位置と見做すことがで

きるという考え方を利用している。

【0079】尚、前述の通りLSA系では同一マークを複数回検出して複数の座標位置を求めることで、その平均値を真の座標位置と見做すことができる。また、FIA系でも同一マーク像を複数回にわたって電氣的に走査して複数の座標位置を求めれば、その平均値を真の座標位置と見做すことができる。これに対してLIA系では、正弦波状の光電信号の1回当たりの取り込み時間を通常のアライメント時よりも大幅(十分)に長くした上で、光電信号を複数回取り込んで複数の座標位置を求めれば、その平均値を真の座標位置と見做すことができる。

【0080】ところで、ウエハに対するアライメントセンサーの計測再現性が悪く、その計測値を真の座標位置と見做すことができないときは、前述の通りアライメントセンサーの計測再現性までも考慮してEGAモード(又はW-EGAモード)での処理条件(サンプルショット配置、重み付け定数等)を最適化する必要がある。すなわち、座標位置(計測値)がばらつくことを前提として各処理条件を最適化しなければならない。そこで、本実施例ではステップ117で決定した真の座標位置に対して、アライメントセンサーの計測再現性、すなわち最適化された信号処理条件以外の要因(特にウエハ表面の荒れ等)により発生する計測誤差を意図的に与え、この計測誤差が与えられた座標位置を用いるものとする。本実施例では、真の座標位置に与える計測誤差として、計算機上で発生させた乱数を用いることを特徴としている。

【0081】さて、ステップ118においてEGA演算ユニット502は、サンプルショット指定部504で決定されるEGAモードに好適な第1のサンプルショット配置(個数、位置)を入力し、ステップ117で記憶部506に格納されたn個の真の座標位置の中から各サンプルショットの真の座標位置(X_{tm}、Y_{tm})を読み出す。尚、nはウエハ上の全ショット数である。このとき、全てのショット領域のうちサンプルショットのみを表示装置62上で反転表示、例えば白黒反転して、第1のサンプルショット配置をオペレータに知らせるようにする。ここで、第1のサンプルショット配置はm(3 $\leq m \leq n$ なる整数)個のサンプルショットを有し、1番目からm番目までのサンプルショットの真の座標位置を(X_{t1}、Y_{t1})、(X_{t2}、Y_{t2})、……(X_{tm}、Y_{tm})とする。

【0082】次に、乱数発生部509はステップ112で入力した標準偏差(3 σ)に基づいて複数の乱数を発生する。すなわち、最適な信号処理条件のもとで求めた特定マークの真の座標位置(平均値)を中心とした標準偏差(3 σ)を持つ正規分布乱数(RX_{ij}、RY_{ij})をX、Y方向で独立に発生する。ここで、添字iは乱数発生部509が発生するi組目の正規分布乱数であること

を表し、添字 j は i 組目の正規分布乱数のうちの j 番目の乱数であることを表している。本実施例では、前述の計測誤差に関して乱数発生部509が1組目の正規分布乱数を発生するから、添字 i は $i=1$ となっている。また、サンプルショット数が m 個であることから、添字 j は $j=1 \sim m$ となる。さて、サンプルショット数が m 個のとき、乱数発生部509は m 個の正規分布乱数 ($R X_{11}$ 、 $R Y_{11}$)、($R X_{12}$ 、 $R Y_{12}$)、 \dots ($R X_{1m}$ 、 $R Y_{1m}$) を発生し、E G A 演算ユニット502は乱数発生部509からの正規分布乱数を前述の計測誤差としてサンプルショットの真の座標位置に与える。この結果、サンプルショットの座標位置は ($X_{t1}+R X_{11}$ 、 $Y_{t1}+R Y_{11}$)、($X_{t2}+R X_{12}$ 、 $Y_{t2}+R Y_{12}$)、 \dots ($X_{tm}+R X_{1m}$ 、 $Y_{tm}+R Y_{1m}$) と表され、アライメントセンサーの計測再現性を考慮した座標位置の補正が終了する。

【0083】さらに、ステップ119においてE G A 演算ユニット502は、ステップ118で補正された m 個のサンプルショットの座標位置、及びデータ部503に格納された各サンプルショットの座標位置（設計値）を用いてE G A モードで統計演算を行う。すなわち、最小二乗法を適用して数式2より演算パラメータ $a \sim f$ を決定するとともに、この決定されたパラメータ $a \sim f$ を用いてウエハW上の全てのショット領域の座標位置を算出し、ここで算出した各座標位置を記憶部506に出力する。

【0084】ここで、E G A モード（又はW-E G A モード）で算出される座標位置（計算値）に従ってウエハステージWSを位置決めするとき、位置決めすべき座標位置を中心した誤差、いわゆるステッピング誤差が生じる。このため、アライメントセンサーの計測再現性と同様に、ステッピング誤差までも考慮してE G A モード（又はW-E G A モード）での処理条件を最適化しないと、所望の重ね合わせ精度を得ることが難しくなる。ところが、ステッピング誤差（分布）もアライメントセンサーの計測再現性と同様に図7の如き正規分布で表される。そこで、本実施例では前述の計測誤差（ステップ117）の他に、さらにステップ119で算出した座標位置に対して、予め実験等によって求めたステッピング誤差分布と等しい標準偏差 (σ 、又は 3σ) を持つ正規分布乱数を前述のステッピング誤差として意図的に与え、このステッピング誤差が与えられた座標位置を用いてE G A モード（又はW-E G A モード）の処理条件の最適化を行うことにする。

【0085】尚、E G A モード（又はW-E G A モード）において、前述の計測誤差はアライメントマーク検出時にサンプルショットに対してのみ生じるが、ステッピング誤差はウエハ上の全てのショット領域の各々に対して生じるものである。このため、ステッピング誤差では前述の正規分布乱数を全てのショット領域の各々の座

標位置に与えることになる。また、ステッピング誤差として発生させる正規分布乱数を、ウエハステージの癖を考慮した乱数としても良い。例えば、ウエハステージをショット領域の配列方向に沿って右から左へ移動したときのステッピング誤差分布と、逆に左から右へ移動したときのステッピング誤差分布とが異なるときには、各誤差分布と等しい標準偏差を持つ正規分布乱数を、ウエハステージの移動方向に応じてショット列毎に切り替えて各座標位置に与えると良い。

10 【0086】次に、ステップ120において演算部505は、ステップ119で記憶部506に格納された全てのショット領域の座標位置（計算値）を読み出す。また、乱数発生部509には実験等により求めたウエハステージWSのステッピング誤差分布が予め入力されており、乱数発生部509はこの誤差分布と等しい標準偏差 (σ 、又は 3σ) を持つ正規分布乱数を発生する。ここでは説明を簡単にするため、1種類の誤差分布（標準偏差）のみが乱数発生部509に入力されているものとする。また、乱数発生部509に入力された誤差分布（標準偏差）は表示装置62上で、例えば正規分布の形で表示される。さて、前述の通りウエハ上の全ショット数が n 個のとき、乱数発生部509は n 個の正規分布乱数を発生する。演算部505は、乱数発生部509からの正規分布乱数を前述のステッピング誤差として全てのショット領域の各々の座標位置（計算値）に与えるとともに、この正規分布乱数が与えられた座標位置（本発明の第2の座標位置に相当し、以下では補正座標位置と呼ぶ）を記憶部506に出力する。これにより、ステッピング誤差を考慮した座標位置の補正が終了する。このとき、補正座標位置をステップ119で求めた座標位置（計算値）と置き換えて記憶部506に格納しても良い。本実施例では上記置換を行うものとし、これにより記憶部506には真の座標位置（第1の座標位置）と補正座標位置（第2の座標位置）とが格納されることになる。

20 【0087】次に、ステップ121において演算部505は、ショット領域毎にステップ117で記憶部506に格納された真の座標位置（計測値）とステップ120で記憶部506に格納された補正座標位置（計算値）との差（残留誤差）を求めるとともに、ショット領域毎の残留誤差に基づいて重ね合わせ精度 ($|X|+3\sigma$ 、又は 3σ 、あるいは $|X|$) を算出する。尚、 $|X|$ はX方向の重ね合わせ誤差の平均値の絶対値である。このとき、演算部505はショット領域毎の残留誤差を表示装置62上でベクトル表示する。また、計測再現性やステッピング誤差分布に対応した標準偏差（正規分布）、第1のサンプルショット配置までも残留誤差と共に表示するようにしても良い。しかる後、演算部505（又はオペレータ）は重ね合わせ精度 ($|X|+3\sigma$) が要求精度（例えば $0.09 \mu m$ ）を満足するか否かを判断する

(ステップ122)。

【0088】さて、重ね合わせ精度が要求精度を満足すれば、EGAモードの処理条件、すなわちサンプルショット配置が最適化されていると考えられる。そこでステップ123に進み、ステップ119で使用した第1のサンプルショット配置を最適条件として指定部504に記憶(登録)する。以上により、EGAモードでの処理条件の最適化が終了することになる。ここで、重ね合わせ精度が要求精度を満足したとき、演算部505は乱数発生部509から新たに n 個の正規分布乱数を入力して補正座標位置を求め、この補正座標位置を用いて重ね合わせ精度を再度確認するようにしても良い。この場合、2組の正規分布乱数(ステップング誤差)の各々を用いて重ね合わせ精度を確認することになるので、前述の如く1組の正規分布乱数のみを用いる場合に比べてより精度良くサンプルショット配置を最適化することが可能となる。尚、2組目の正規分布乱数を用いたときに重ね合わせ精度が要求精度を満足しなければ、再度サンプルショット配置を変更するようにし、2組の正規分布乱数の各々で重ね合わせ精度が要求精度を満足したときのサンプル

ショット配置を最適条件とする。また、乱数発生部509から3組以上の正規分布乱数を発生させ、各組毎に重ね合わせ精度が要求精度を満足するようにサンプルショット配置を最適化しても良い。

【0089】次に、シーケンスコントローラ508はLSA系を用い、ステップ123で登録されたサンプルショット配置に従って、全てのサンプルショットのアライメントマークを検出する。LSA演算ユニット41は、LSA系からの光電信号を波形処理してアライメントマークの座標位置を求め、各サンプルショットの座標位置を記憶部501に出力する。EGA演算ユニット502は、記憶部501に格納された座標位置(計測値)とデータ部503に格納された座標位置(設計値)とを用いてEGAモードで統計演算(数式2)を行い、ウエハW上の全てのショット領域の座標位置を算出し、この算出した全ての座標位置をシーケンスコントローラ508に出力する。シーケンスコントローラ508は、EGA演算ユニット502からの座標位置(計算値)に従ってウエハステージWSを位置決めしながら、1枚目のウエハW上の各ショット領域に対するレチクルパターンの重ね

合わせ露光を実行する(ステップ124)。

【0090】ここで、ステップ124では最適化されたサンプルショット配置に従ってEGAモードで全てのショット領域の座標位置を算出するようにしたが、例えばステップ117で決定したショット領域毎の真の座標位置をそのまま用いて重ね合わせ露光を行うようにしても良い。また、ロット内の2枚目以降のウエハでは、前述の如く1枚目のウエハで最適化された各種条件のもとでEGAモードを採用して重ね合わせ露光を行うことになる。

【0091】一方、ステップ122で要求精度が満足されなければ、直ちにステップ125に進み、演算部505はサンプルショット配置を変更するか否かを判断する。ここではEGAモードでのサンプルショット配置が最適化されていないと考えられるので、サンプルショット配置を変更するものとして直ちにステップ126に進む。さて、ステップ126においてサンプルショット指定部504は、演算部505(又はオペレータ)の指示に従ってサンプルショット配置を変更する。本実施例では、例えば第1のサンプルショット配置とサンプルショット数は同一で、位置は全く異なる第2のサンプルショット配置に変更したものとする。

【0092】次に、ステップ127においてアライメントセンサーの計測再現性が良好か否かを確認する。既にステップ115で計測再現性が悪いと判断されているので、ここでは直ちにステップ118に進み、第2のサンプルショット配置の m 個のサンプルショットの真の座標位置(X_{tm+1} 、 Y_{tm+1})、(X_{tm+2} 、 Y_{tm+2})、 \dots (X_{t2m} 、 Y_{t2m})の各々に対して正規分布乱数を与える。ここで、乱数発生部509は第1のサンプルショット配置において既に m 個の正規分布乱数(RX_{11} 、 RY_{11})、(RX_{12} 、 RY_{12})、 \dots (RX_{1m} 、 RY_{1m})を発生している。このため、乱数発生部509は1組目の正規分布乱数のうち、 $(m+1) \sim 2m$ 番目までの m 個の正規分布乱数(RX_{1m+1} 、 RY_{1m+1})、(RX_{1m+2} 、 RY_{1m+2})、 \dots (RX_{12m} 、 RY_{12m})を発生する。EGA演算ユニット502は、乱数発生部509からの正規分布乱数を計測誤差としてサンプルショットの真の座標位置に与え、補正座標位置($X_{tm+1} + RX_{1m+1}$ 、 $Y_{tm+1} + RY_{1m+1}$)、($X_{tm+2} + RX_{1m+2}$ 、 $Y_{tm+2} + RY_{1m+2}$)、 \dots ($X_{t2m} + RX_{12m}$ 、 $Y_{t2m} + RY_{12m}$)を求める。ここでは、第1、第2のサンプルショット配置で共通に使用されるサンプルショットが存在しないが、第1、第2のサンプルショット配置の少なくとも一部が重複しているとき、重複したサンプルショットに対しては第1のサンプルショット配置のときに発生した正規分布乱数をそのまま与えれば良い。

【0093】さらにEGA演算ユニット502は、第2のサンプルショット配置での m 個のサンプルショットの補正座標位置、及びデータ部503に格納された各サンプルショットの座標位置(設計値)を用いて再度統計演算(数式2)を行い、ウエハW上の全てのショット領域の座標位置を算出する(ステップ119)。演算部505は、乱数発生部509から入力される n 個の正規分布乱数を、EGA演算ユニット502で算出された座標位置に与える(ステップ120)。ここで、 n 個の座標位置に与える正規分布乱数は、前述の如く第1のサンプルショット配置で求めた座標位置に与えた n 個の正規分布乱数と全く同じものである。

【0094】次に、演算部505はショット領域毎の残

留誤差（真の座標位置と補正座標位置との差）に基づいて重ね合わせ精度を算出し（ステップ121）、重ね合わせ精度が要求精度を満足するか否かを判断する（ステップ122）。ここで、重ね合わせ精度が要求精度を満足すれば、前述の如くステップ123、124を実行して重ね合わせ露光を終了する。一方、要求精度を満足しなければ再度ステップ125に進む。以下、重ね合わせ精度が要求精度を満足するまでステップ125～127、118～121を繰り返し実行し、重ね合わせ精度が要求精度を満足した時点でサンプルショット配置が最適化されたものとしてステップ123に進むことになる。尚、ステップ115で計測再現性が悪いと判断されていたら、ステップ126ではサンプルショット数を増やすようにサンプルショット配置を変更することが望ましい。

【0095】ところで、ステップ115で計測再現性が良好であると判断されると、直ちにステップ119に移行して統計演算を実行することになる。以下、計測再現性が良好であるときのシーケンスについて簡単に説明する。さて、ステップ119においてEGA演算ユニット502は、サンプルショット指定部504から入力した第1のサンプルショット配置に従い、ステップ113で記憶部501に格納された座標位置の中から各サンプルショットの座標位置を読み出す。ここでは計測再現性が良好であることを前提としているため、前述の如く複数回計測を行わずとも、LSA演算ユニット41で求めた座標位置をそのまま使用できる。すなわち、ステップ113で求めた座標位置を、真の座標位置（本発明の第1の座標位置）と見做すことができる。さらにEGA演算ユニット502は、先に読み出した座標位置（計測値）とデータ部503内の座標位置（設計値）とを用いてEGAモードで統計演算（数式2）を行い、ウエハW上の全てのショット領域の各々の座標位置を算出し、各座標位置を記憶部506に出力する。

【0096】次に、演算部505は乱数発生部509から入力したn個の正規分布乱数を、EGA演算ユニット502で算出した座標位置に与え（ステップ120）、この補正座標位置とステップ113で記憶部501に記憶された座標位置（計測値）との差（残留誤差）を求める。しかる後、ショット領域毎の残留誤差から重ね合わせ精度を算出する（ステップ121）。さらに、重ね合わせ精度が要求精度を満足するか否かを判断し（ステップ122）、要求精度が満足されていればステップ123に進み、ステップ119で使用した第1のサンプルショット配置を最適条件として指定部504に設定する。さらにシーケンスコントローラ508は、ステップ119で記憶部506に記憶された座標位置（計算値）に従ってウエハステージWSを位置決めしながら、1枚目のウエハW上の各ショット領域に対するレチクルパターンの重ね合わせ露光を実行する（ステップ124）。

【0097】一方、重ね合わせ精度が要求精度を満足しなければステップ125に進み、ここではサンプルショット配置を変更すると判断してステップ126へ移行し、指定部504はサンプルショット配置を変更する。しかる後、ステップ127で計測再現性は良好であると判断してステップ119に戻り、EGA演算ユニット502は指定部504から入力した第2のサンプルショット配置に従って記憶部501から各サンプルショットの座標位置を読み出す。さらに統計演算（数式2）を実行してウエハ上の全てのショット領域の各々の座標位置を算出し、各座標位置を記憶部506に出力する。以下、前述の如くステップ120～122を実行し、重ね合わせ精度が要求精度を満足すればステップ123、124を実行して重ね合わせ露光を終了する。一方、要求精度を満足しなければ再度ステップ125に進む。以下、重ね合わせ精度が要求精度を満足するまでステップ125～127、119～121を繰り返し実行し、重ね合わせ精度が要求精度を満足した時点でサンプルショット配置が最適化されたものとしてステップ123に進むことになる。

【0098】さて、以上の説明ではステップ114で選択されたEGAモードでのサンプルショット配置を最適化するようにしたが、アライメントセンサーの計測再現性に依らず、前述の如くサンプルショット配置を変更しても、重ね合わせ精度が要求精度を満足しないことがある。そこで、サンプルショット配置を予め定められた回数だけ変更しても重ね合わせ精度が要求精度を満足しなければ、ステップ125でサンプルショット配置を変更しないと判断してステップ128に進み、EGAモードをW-EGAモード（又はD/Dモード）へ変更するか否かを判断する。アライメントモードの変更の要否は、予め定められたプログラムに従って演算部505が決定する、あるいは表示装置62、又はブザー等によってEGAモードでは露光不可能であることをオペレータに知らせ、オペレータが決定するようにすれば良い。ここで、モード変更する場合にはステップ129へ移行し、モード変更しない場合には1枚目のウエハへの重ね合わせ露光は行わず、ウエハ交換を実行して2枚目のウエハをウエハステージWS上にローディングすることになる。

【0099】次に、ステップ129において1枚目のウエハに適用すべきアライメントモードを決定する。ここでは、ステップ114で決定されたアライメントモードがEGAモードであればW-EGAモード、又はD/Dモードを選択可能し、W-EGAモードであればD/Dモードを選択可能としている。従って、本実施例ではW-EGAモード、又はD/Dモードを選択可能であるが、装置のスループットを考慮してW-EGAモードを選択するものとする。このとき、演算部505、又はオペレータはEGA演算ユニット502に対してW-EG

Aモードを指定しておく。

【0100】しかる後、ステップ130においてアライメントモードがD/Dモードであるか否かを判断し（ステップ130）、D/Dモードであれば直ちにステップ124に移行して重ね合わせ露光を実行する。このとき、ステップ115において既に計測再現性が良好であると判断されていれば、シーケンスコントローラ508はLSA系を用いてショット領域毎にアライメントマークを検出しながら重ね合わせ露光を実行する。または、ステップ113で記憶部501に記憶された座標位置に従ってウェハステージWSを位置決めするようにしても良い。一方、ステップ115において既に計測再現性が悪いと判断されていれば、ステップ117で記憶部506に記憶された座標位置に従ってウェハステージWSを位置決めしながら重ね合わせ露光を実行することになる。尚、1枚目のウェハでD/Dモードが選択されると、ロット内の2枚目以降のウェハに対してもD/Dモードが適用されることになる。また、ステップ129でD/Dモードが選択されたとき、あるいはD/Dモードが選択され、かつ計測再現性が悪いときには、2枚目のウェハ、又は2枚目から数枚のウェハでも1枚目のウェハと同じシーケンスを採用して、アライメントモードの選択等を再度行うようにすることが望ましい。

【0101】さて、本実施例ではW-EGAモードを選択したので、ステップ130からステップ127へ移行してアライメントセンサーの計測再現性を確認し、計測再現性が良好であればステップ119に進み、逆に悪ければステップ118に進む。ここで、W-EGAモードを選択したときにはアライメントセンサーの計測再現性に依らず、例えばステップ114で算出した配列誤差の特徴に基づいて、W1-EGAモードとW2-EGAモードのいずれか一方を選択するようにしても良い。以下、W1-EGAモードを例に挙げて説明するが、ここでは計測再現性が悪くてステップ118へ進む場合について述べる。

【0102】ステップ118においてEGA演算ユニット502は、サンプルショット指定部504で決定されるW1-EGAモードに好適な第1のサンプルショット配置を入力し、既にステップ117で記憶部506に格納されたn個の真の座標位置の中からm個のサンプルショットの真の座標位置を読み出す。さらにEGA演算ユニット502は、乱数発生部509から入力したm個の正規分布乱数（計測誤差に対応）を各サンプルショットの真の座標位置に与える。

【0103】次に、演算部505（又はオペレータ）は前述の数式4中のパラメータS（すなわち重みパラメータD、又は補正係数C）の値を決定して重み発生部507に与える。重み発生部507はこのパラメータSの値から重み付け関数（数式4）を決定し、ここで決定した関数を用いてショット領域毎に、m個のサンプルショット

トの座標位置（真の座標位置に正規分布乱数を与えたもの）の各々に与える重み付けを算出し、この算出した重み付けをEGA演算ユニット502に出力する。さらに、EGA演算ユニット502はショット領域毎に、各サンプルショットの座標位置に重み発生部507からの重み付けを与えた上で、最小二乗法を適用して数式3より演算パラメータa～fを決定し、このパラメータa～fを用いてその座標位置を算出する。ここで算出した全てのショット領域の座標位置は、パラメータSの値とともに記憶部506に格納される（ステップ119）。次に、演算部505は乱数発生部509から入力したn個の正規分布乱数（ステッピング誤差に対応）を、EGA演算ユニット502で算出した座標位置に与え（ステップ120）、この補正座標位置とステップ117で記憶部506に記憶された真の座標位置との差（残留誤差）を求める。しかる後、ショット領域毎の残留誤差から重ね合わせ精度を算出する（ステップ121）。

【0104】このとき、演算部505はショット領域毎の残留誤差、第1のサンプルショット配置、及びパラメータSの値（重み付け定数）を表示装置62に出力する。図9に示すように、表示装置62はショット領域毎の残留誤差をベクトル表示し、かつサンプルショットとして選択したm個（図9では28個）のショット領域に○印を付して表示する。さらにX、Y方向の各々の重み付け定数を併記して、オペレータに知らせるようにする。また、演算部505で算出した重ね合わせ精度（ $|X| + 3\sigma$ 、 3σ 、又は $|X|$ ）も、数値、又は正規分布の形で表示するようにしても良い。

【0105】次に、重ね合わせ精度が要求精度を満足するか否かを判断する（ステップ122）。ここで、要求精度が満足されていればステップ123に進み、指定部504に対して第1のサンプルショット配置を最適条件として設定し、重み発生部507に対して重み付け定数（パラメータSの値）を最適値として（又は重み付け関数を最適関数として）設定する。次に、シーケンスコントローラ508はLSA系を用い、ステップ123で設定されたサンプルショット配置に従って、全てのサンプルショットのアライメントマークを検出する。LSA演算ユニット41は、LSA系からの光電信号を波形処理してアライメントマークの座標位置を求め、各サンプルショットの座標位置を記憶部501に出力する。EGA演算ユニット502は、ショット領域毎に重み発生部507から発生するサンプルショット毎の重み付けを入力し、記憶部501に格納された各サンプルショットの座標位置（計測値）に重み付けを行う。さらに、この重み付けされた座標位置とデータ部503に格納された座標位置（設計値）とを用いてW-EGAモードで統計演算（数式3）を行い、ウェハW上の全てのショット領域の座標位置を算出し、この算出した全ての座標位置をシーケンスコントローラ508に出力する。シーケンスコン

トローラ508は、EGA演算ユニット502からの座標位置（計算値）に従ってウェハステージWSを位置決めしながら、1枚目のウェハW上の各ショット領域に対するレチクルパターンの重ね合わせ露光を実行する（ステップ124）。

【0106】一方、重ね合わせ精度が要求精度を満足しなければステップ125に進み、W-EGAモードの処理条件、すなわちサンプルショット配置と重み付け定数（パラメータSの値）の少なくとも一方を変更するか否かを判断する。ここでは重み付け定数が最適化されていないと判断するものとし、ステップ126において演算部505（又はオペレータ）は重み付け定数（すなわち、補正係数C、又は重みパラメータD）の値を変更する。しかる後、ステップ127において計測再現性が良好であるか否かを判断し、先のEGAモード（ステップ115）での計測再現性が良好であればステップ119へ進み、逆に悪ければステップ118に進む。ここでは計測再現性が悪いものとしてステップ118へ進むが、ステップ126では重み付け定数のみを変更し、サンプルショット配置は変更していない。このため、ステップ118では乱数発生部509から新たな正規分布乱数を発生させてサンプルショットの座標位置を補正する必要がなく、直ちにステップ119へ移行することになる。すなわち、計測再現性が悪ければステップ118に進むが、ステップ126でサンプルショット配置を変更したときのみ、演算部505は指定部504で追加（又は変更）されたサンプルショットに対し、乱数発生部509からの正規分布乱数を入力してその真の座標位置を補正することになる。

【0107】次に、重み発生部507はステップ126で変更された重み付け定数（パラメータS）に応じて重み付け関数（数式4）を決定するとともに、この決定した関数を用いてショット領域毎に、m個のサンプルショットの座標位置の各々に与える重み付けを算出し、この算出した重み付けをEGA演算ユニット502に出力する。さらに、EGA演算ユニット502はショット領域毎に、各サンプルショットの座標位置（真の座標位置に正規分布乱数を与えたもの）に重み発生部507からの重み付けを与えた上で、最小二乗法を適用して数式3より演算パラメータa～fを決定し、このパラメータa～fを用いてその座標位置を算出する。ここで算出した全てのショット領域の座標位置は、パラメータSの値とともに記憶部506に格納される（ステップ119）。

【0108】さらに、演算部505は乱数発生部509から入力したn個の正規分布乱数を、EGA演算ユニット502で算出した座標位置に与え（ステップ120）、この補正座標位置とステップ117で記憶部506に記憶された真の座標位置との差（残留誤差）を求める。しかる後、ショット領域毎の残留誤差から重ね合わせ精度を算出する（ステップ121）。次に、重ね合わ

せ精度が要求精度を満足するか否かを判断し（ステップ122）、要求精度を満足すれば前述の如くステップ123、124を実行する。一方、要求精度を満足しなければステップ125に進み、再度重み付け定数を変更するか、あるいはサンプルショット配置までも変更するか否かを判断する。ここでは重ね合わせ精度が要求精度を満足しないのでステップ126に進み、重み付け定数のみを変更するものとする。さらにステップ127、118～122を実行し、重ね合わせ精度が要求精度を満足すればステップ123、124を実行し、逆に満足しなければステップ125に進む。以下、W1-EGAモードでの重ね合わせ精度が要求精度を満足するまで、重み付け定数とサンプルショット配置との少なくとも一方を順次変更しながらステップ118～122を繰り返し実行することになる。尚、計測再現性が良好であるときはステップ127からステップ119へ移行し、EGAモードと全く同様にステップ113で求めた座標位置をそのまま使用して、前述の通り重み付け定数やサンプルショット配置を最適化すれば良い。

【0109】ここで、本実施例では同一サンプルショット配置で重み付け定数のみを順次変更していき、最も重ね合わせ精度が良くなる重み付け定数を選び出す。図10は、図9中のサンプルショット配置で重み付け定数のみを順次変更したときに得られる重ね合わせ精度（ $|X| + 3\sigma$ ）と重み付け定数との関係を示している。図10では重み付け定数が50のとき、重ね合わせ精度が最も良くなっている。ここでは重み付け定数50を選び出すとともに、重ね合わせ精度が要求精度を満足していれば、その値を重み発生部507に設定することになる。このとき、図10の関係を表示装置62上に表示するようにしても良く、オペレータは最も重ね合わせ精度が良くなる重み付け定数を選択してその値を重み発生部507に設定する。尚、同一サンプルショット配置で求めた重ね合わせ精度がいずれも要求精度を満足しなければ、サンプルショット配置を変更して再度複数の重み付け定数の各々で重ね合わせ精度を求めることになる。

【0110】さて、重み付け定数、及びサンプルショット配置を変更しても重ね合わせ精度が要求精度を満足しなければ、ステップ125で条件変更を行わないとしてステップ128に進み、アライメントモードをW1-EGAモードからD/Dモードへと変更するか否かを判断する。アライメントモードの変更の要否は、予め定められたプログラムに従って演算部505が決定する、あるいは表示装置62、又はブザー等によってW1-EGAモードでは露光不可能であることをオペレータに知らせ、オペレータが決定すれば良い。ここで、モード変更する場合にはステップ129でアライメントモードをD/Dモードに変更した後、ステップ130からステップ124へ移行して前述と同様にD/Dモードで重ね合わせ露光を実行する。一方、モード変更しない場合には1枚目の

ウェハに対する重ね合わせ露光を実行せず、1枚目のウェハを元のロット（キャリア）、又はアンロード用のロット（キャリア）に収納し、シーケンスコントローラ508は上記収納と並行して2枚目のウェハをウェハステージWS上にローディングする。

【0111】以上ではW1-E G Aモードについて説明したが、W2-E G Aモードも同一シーケンスであるので、ここでは説明を省略する。尚、W2-E G Aモードでは重み付け定数、及びサンプルショット配置の他に、非線形歪みの点対称中心までも変更してその最適化を行うこともあり、この点だけがW1-E G Aモードと異なる。また、ステップ114でW-E G Aモードが選択されたときも、前述の説明と全く同様に重み付け定数、サンプルショット配置（さらに非線形歪みの点対称中心）を最適化することになる。

【0112】さらに、W-E G Aモードでは座標位置を決定すべきショット領域と複数のサンプルショットの各々との距離を使用して、各サンプルショットの座標位置に与える重み付けを求めている。このとき、上記距離はショット領域の座標位置とサンプルショットの座標位置とから求められるが、ウェハ上の任意のショット領域やサンプルショットの座標位置としては、露光ショット位置データ部503に格納された設計上の座標位置、もしくはステップ117で記憶部506に格納された真の座標位置のいずれを用いても良い。特に計測再現性が良好なときは、ステップ113で記憶部501に格納された座標位置（計測値）を用いても構わない。

【0113】また、重み付け関数（数式4）はX方向用アライメントマークとY方向用アライメントマークとの各々に用意されており、X方向とY方向とで重み付けW_{in}を独立に設定することが可能となっている。このため、ウェハの非線形歪みの程度（大小）や規則性、あるいはステップピッチ、すなわち隣接した2つのショット領域の中心間距離（ウェハ上でのストリートラインの幅にも依るが、ほぼショットサイズに対応した値）がX方向とY方向とで異なっている、X、Y方向の重み付け定数を独立に設定することで、ウェハ上のショット配列誤差を精度良く補正することが可能となっている。従って、前述の如く重み付け定数を変更する際には、X方向とY方向との各々で異ならせるようにしても良い。

【0114】ところで、以上の実施例ではステップ117で1組の正規分布乱数（RX11、RY11）、（RX12、RY12）、・・・（RX1m、RY1m）を発生させてサンプルショットの各座標位置を補正することとしたが、例えば2組目のm個の正規分布乱数（RX21、RY21）、（RX22、RY22）、・・・（RX2m、RY2m）を再度発生させてサンプルショットの各座標位置を補正し、この補正された座標位置を用いて重ね合わせ精度を求め、2組目の正規分布乱数でも重ね合わせ精度が要求精度を満足するか否かを確認するようにしても良い。仮

に、2組目の正規分布乱数を用いたときに重ね合わせ精度が要求精度を満足しなければ、サンプルショット配置、重み付け定数、非対称歪みの点対称中心等を再度変更していき、2組の正規分布乱数の各々で重ね合わせ精度が要求精度を満足するように処理条件を最適化する。この場合、2組の正規分布乱数（計測誤差）の各々を用いてE G Aモード、又はW-E G Aモードの処理条件を最適化することになるので、前述の如く1組の正規分布乱数のみを用いる場合に比べてより精度良く処理条件を最適化することが可能となる。また、乱数発生部509から3組以上の正規分布乱数を発生させ、各組毎に重ね合わせ精度が要求精度を満足するように処理条件を最適化しても良い。すなわち2組以上の正規分布乱数を用意すると、ランダムに生じる計測誤差を精度良く再現することができ、より信頼性の高い処理条件の最適化を行うことが可能となる。尚、複数組の正規分布乱数を用いるときは、ステップ126で処理条件は変更せず、正規分布乱数のみを変更するものとしてステップ118～122を繰り返し実行すれば良い。

【0115】また、ステップ117でサンプルショットの座標位置を補正するとき、X方向の座標位置とY方向の座標位置とに別々の正規分布乱数を与えるようにしても良い。例えば、X-L S A系を用いて同一のアライメントマークM_xを複数回検出してその計測誤差分布（標準偏差）を求め、この標準偏差を持つ正規分布乱数をX方向の座標位置に与える。同様に、Y-L S A系を用いて同一のアライメントマークM_yを複数回検出してその計測誤差分布（標準偏差）を求め、この標準偏差を持つ正規分布乱数をY方向の座標位置に与えるようにすれば良い。

【0116】さらに、ウェハ周辺部のアライメントマークはプロセス等の影響で崩れ易いため、ウェハ周辺部に存在するショット領域での計測誤差が大きくなる。そこで、ウェハ上で計測誤差が大きくなると考えられる領域（例えばウェハ周辺部の輪帯領域）内に存在するサンプルショットの座標位置に対しては大きな標準偏差を持つ正規分布乱数を与え、計測誤差が小さいと考えられる領域（例えばウェハ中心部の円形領域）内に存在するサンプルショットの座標位置に対しては小さな標準偏差を持つ正規分布乱数を与えるようにしても良い。このとき、同一のアライメントセンサーを用いてウェハ周辺部の輪帯領域内の1つのアライメントマークと、ウェハ中心部の円形領域内の1つのアライメントマークの各々を特定マークとして複数回ずつ検出し、各領域毎にその計測誤差分布（標準偏差）を求めて乱数発生部509に記憶しておけば良い。また、ウェハ上での計測誤差の程度に応じて3つ以上の領域に分割し、各領域毎にその計測誤差分布と等しい標準偏差を持つ正規分布乱数をサンプルショットの座標位置に与えるようにしても良い。例えば、中心部から周辺部に行くに従って計測誤差が悪化するよ

うなウエハでは、中心部の円形領域と同心円状の複数の輪帯領域に分割するようにしても良い。

【0117】また、本実施例のシーケンス（図1）ではステップ119で算出したウエハ上の全ての座標位置の各々に対して、ステッピング誤差分布と等しい標準偏差を持つ正規分布乱数を与えるようにしたが、ステッピング誤差分布の程度（大きさ）によっては正規分布乱数を座標位置に与えなくても良い。すなわち、ステップ119で算出した座標位置を本発明の第2の座標位置とし、この算出した座標位置をそのまま用いて重ね合わせ精度 10 を求めるようにしても良い。

【0118】また、ステップ114でD/Dモードが選択されたとき、図1には示していないが、計測再現性が良好であればステップ115から直ちにステップ124に移行して重ね合わせ露光を実行することになる。一方、計測再現性が悪ければ、ステップ116、117を実行してショット領域毎の真の座標位置を求めた後、ステップ124に移行して重ね合わせ露光を実行することになる。ここで、2枚目以降のウエハでもD/Dモード、すなわちショット領域毎に真の座標位置を求めたの 20 ではスループットが大幅に低下する。このため、1枚目のウエハでD/Dモードが選択され、かつ計測再現性が悪いときには、2枚目のウエハにおいてステップ114でEGAモード、又はW-EGAモードを選択するようにし、この選択したアライメントモードの処理条件を最適化することで所望の重ね合わせ精度を得るようにすることが望ましい。または、2枚目のウエハに対して再度図1のシーケンスを適用してアライメントモードを決定したり、計測再現性を求めるようにしても良い。尚、ア 30 ライメントモードの種類や計測再現性等に依らず、常に複数枚（例えば1～数枚目）のウエハの各々に対して図1のシーケンスを適用するようにしても良い。

【0119】ところで、ウエハ上、特に周辺部に存在するアライメントマークがカバレッジ等のプロセスの影響で非対称になっていると、アライメントセンサーにより計測された座標位置が誤差（オフセット）を持つことになる。すなわち、誤検出しているわけである。この誤差は、前述した如く真の座標位置を中心として発生する計測誤差とは異なり、特定方向（例えばウエハ中心から遠ざかる方向）のみに発生し、その誤差（誤検出量）は複 40 数回計測でも求めることができない。すなわち誤検出している場合、ステップ117における真の座標位置は「誤検出した座標位置」となる。従って、実験、又は経験等から求めたその誤差を、計測再現性が悪いときはステップ117での「誤検出した座標位置」から差し引いて真の座標位置を求め、計測再現性が良好なときはステップ113で求めた全てのショット領域の座標位置から差し引いて真の座標位置を求めるようにし、この座標位置を用いて重ね合わせ精度を求めても良い。これによ 50 り、EGAモード、又はW-EGAモードの処理条件を

一段と精度良く最適化することが可能となる。

【0120】また、ステップ114でのアライメントモード決定に使用する座標位置はステップ113で求めたものであるが、ステップ113ではアライメントマーク毎に複数回計測を行っていないので、ここで求めた座標位置が真の座標位置であるとは限らない。従って、アライメントセンサーの計測再現性が極端に悪い場合は、ステップ114で決定されるアライメントモードが最適なモードであるかどうか疑わしい（信頼性がない）。このため、ステップ107で記憶した計測再現性、すなわち標準偏差（3σ）が所定の許容値よりも大きい場合には、ステップ113においてアライメントマーク毎に複数回計測を行い、全てのショット領域の真の座標位置を求めるようにし、ステップ114ではショット領域毎の真の座標位置を用いてアライメントモードを決定すると良い。この場合、図1ではステップ115で計測再現性が悪いと判断してステップ116へ移行することになるが、ステップ116、117の作業は既にステップ113で終了しているの 50 で、直ちにステップ118へ移行して座標位置補正を行うことになる。尚、他のシーケンスは前述の実施例と全く同じである。

【0121】さて、以上の実施例ではEGAモード、又はW-EGAモードの処理条件を最適化するためのシーケンスについて説明したが、EGAモード、又はW-EGAモードにおいて複数の処理条件の各々で重ね合わせ精度を求めて、アライメントモード毎に各処理条件での重ね合わせ精度を解析（シミュレーション）するだけでも良い。図10は同一サンプルショット配置で重み付け定数のみを変更したときの重ね合わせ精度と重み付け定数との関係を示したものであるが、さらに複数のサンプルショット配置の各々で上記関係を求め、これらを同一グラフ上に表すようにしても良い。この場合、重み付け定数とサンプルショット配置とを変化させたときの重ね合わせ精度を簡単に調べることができる。また、図9では1つのショット領域において1つのデータ（残留誤差）のみをベクトル表示していたが、ショット領域毎に複数のデータをベクトル表示するようにしても良い。例えば、前述の如きシミュレーション結果、実際の露光結果、及びシミュレーション結果と露光結果との差を同時に3つのベクトルとして表示しても良い。このとき、データ毎にベクトルのスケールを変更することで、必要な1つのデータのベクトルのみを表示することが可能となる。これは、記憶部506に格納されたデータを表示装置62上でベクトル表示するとき、データ毎の拡大率を異ならせることで簡単に実現できる。

【0122】さらに、ステップ119で全てのショット領域の座標位置を算出する際、同一ウエハ内において1ないし数個のショット領域の配列誤差の特徴（傾向）が残りのショット領域の傾向と大きく異なり、かつ当該傾向が異なるショット領域（飛びショット）をサンプルシ

ショットとして指定していると、当然ながらショット配列の算出精度（重ね合わせ精度 $|X|+3\sigma$ ）が低下し得る。ここで、飛びショットであるか否かはステップ114で得られる配列誤差の特徴から求めることができる。従って、飛びショットがサンプルショット配置に含まれ得る場合には、統計演算において飛びショットのアライメントデータをリジェクトすると良い。この結果、統計演算によりショット配列を精度良く算出でき、重ね合わせ精度を向上させることが可能となる。尚、飛びショットについてはD/Dモードで重ね合わせ露光を行う、すなわちアライメントセンサーの計測結果に従ってウエハステージWSを位置決めして露光を行う、あるいは飛びショットのアライメントデータは誤検出と考え、飛びショット以外のショット領域と同様に露光を行うようにすれば良い。

【0123】また、ステップ114でEGAモードとW-EGAモードのいずれか一方のみを選択可能とするときは、ウエハが線形歪みを持つか、非線形歪みを持つかだけを判断できれば良い。そこで、この判断方法の一例としては、EGAモードを適用してウエハ上の全てのショット領域の座標位置を算出し、この座標位置（計算値）とステップ113で求めた座標位置との差（残留誤差）をショット領域毎に求める。各ショット領域の残留誤差が十分に小さいときには線形近似を適用できる、すなわち線形歪みのみを持つと考えられ、逆に残留誤差が大きいときには非線形歪みを持つと考えれば良い。

【0124】以上の実施例では、最適なアライメントセンサーの選択までも行うようにしたが、例えばロット（キャリア）、又はウエハに各種情報（例えばウエハ、下地、レジストの種類や膜厚、アライメントマークの形状、段差等）を識別コードとして記しておき、この識別コードを読み取ることで装置自身がウエハに最適なアライメントセンサーを選択するようにしても良い。また、アライメントセンサーはTTR方式、TTL方式、またはオフアクシス方式のいずれの方式であっても良く、さらにその検出方式も上記の如きLSA方式、FIA系20の如き画像処理方式、あるいはLIA系30の如き2光束干渉方式のいずれであっても構わない。さらに、本発明の位置合わせ方法は、露光装置においてソフトウェア、ハードウェアのいずれで実現しても良い。また、本発明はステップアンドリピート方式、ステップアンドスキップ方式、またはプロキシミティー方式の露光装置（投影型露光装置、X線露光装置等）を始めとする各種

方式の露光装置以外にも、リペア装置、ウエハプローバ等に対しても全く同様に適用できる。

【0125】

【発明の効果】以上のように本発明によれば、基板上の複数の処理領域の各々の座標位置を複数回計測し、その複数回の計測結果のばらつき具合から、そのばらつき具合の最小のものを最適な検出条件として選択するようにしているので、アライメントセンサーの計測再現性が最も良い検出条件を抽出することができる。このため、その後の基板上のマーク位置の検出を、統計的に最適とされた検出条件で検出することができるので、計測結果の信頼性が向上する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例による位置合わせ方法の一例を示すフローチャート図。

【図2】本発明の位置合わせ方法を適用するのに好適な投影露光装置の概略構成を示す図。

【図3】図2に示した投影露光装置の制御系のブロック図。

【図4】W1-EGAモードの原理説明に供する図。

【図5】W2-EGAモードの原理説明に供する図。

【図6】ショット領域に付随した2組のアライメントマークの構成を示す図。

【図7】アライメントセンサーの計測再現性（計測誤差分布）に対応した正規分布を示す図。

【図8】アライメントモードの選択の説明に供する図。

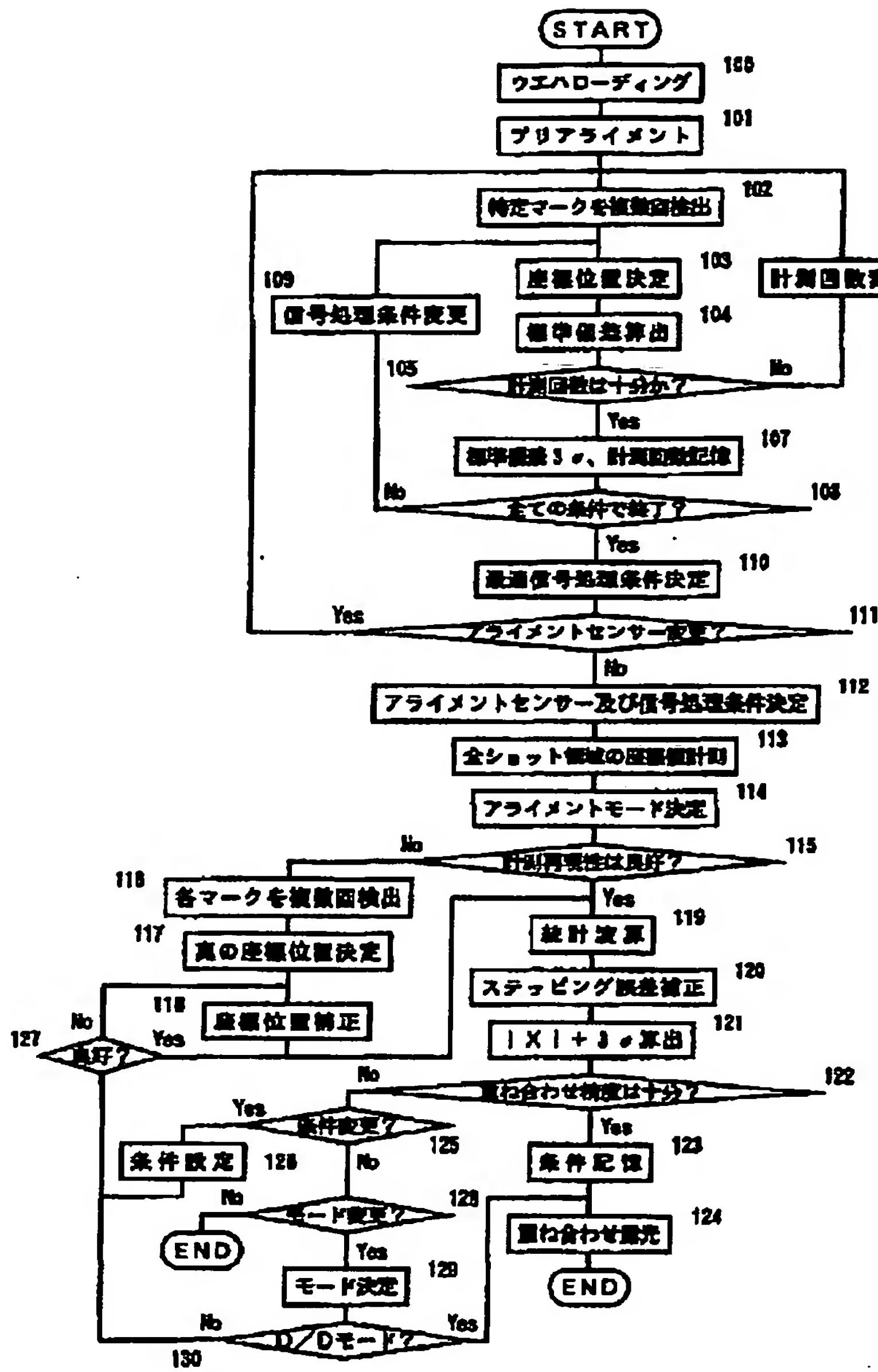
【図9】ウエハ上の各ショット領域の残留誤差を示すベクトルマップ。

【図10】同一サンプルショット配置で重み付け定数のみを変更したときの重ね合わせ精度と重み付け定数との関係を示す図。

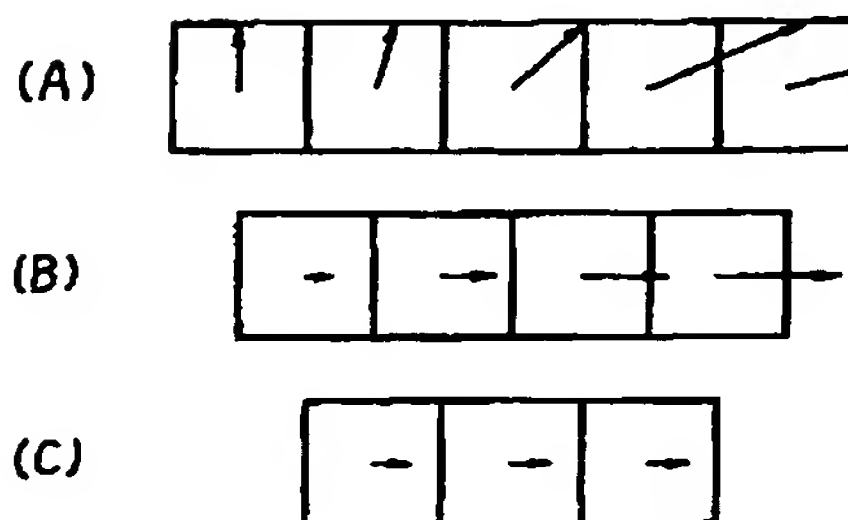
【符号の説明】

17	LSA系
41	LSA演算ユニット
501	アライメントデータ記憶部
502	EGA演算ユニット
505	演算部
506	記憶部
507	重み発生部
508	シーケンスコントローラ
509	乱数発生部
WS	ウエハステージ

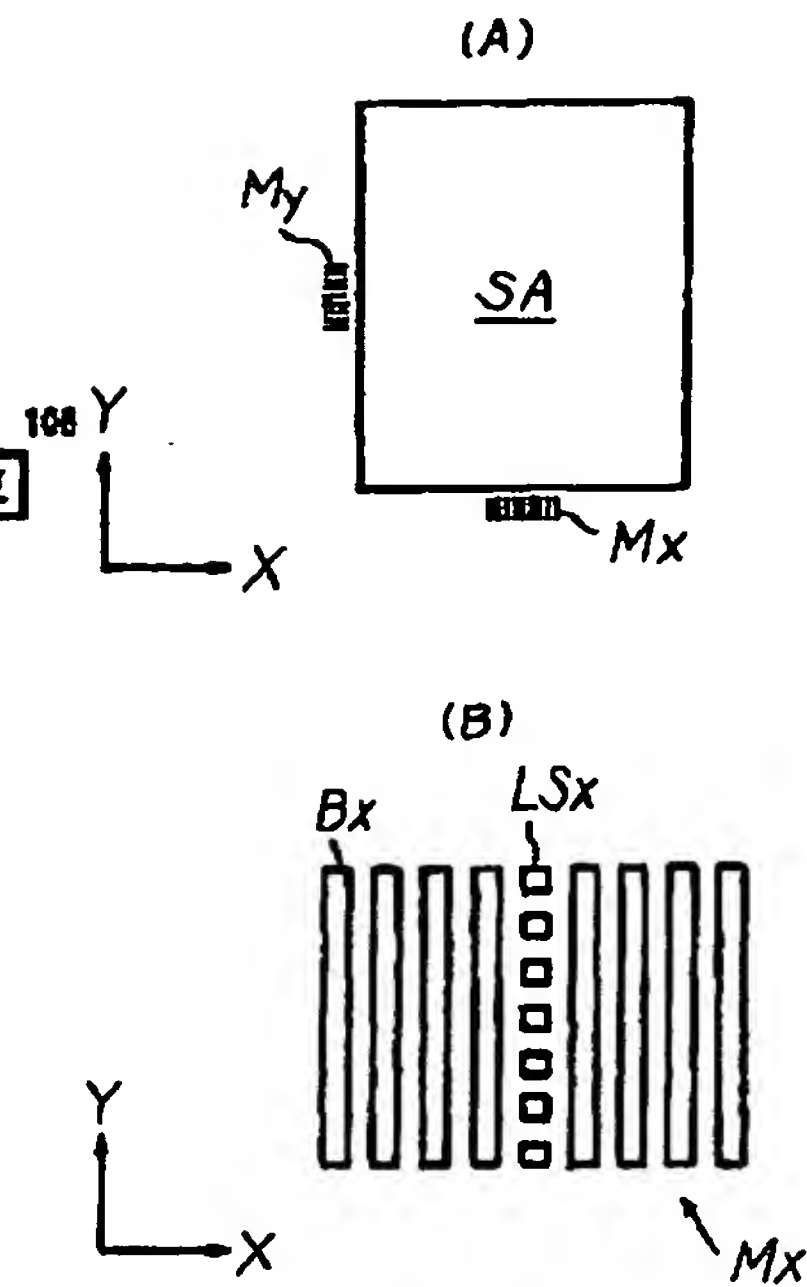
【図1】



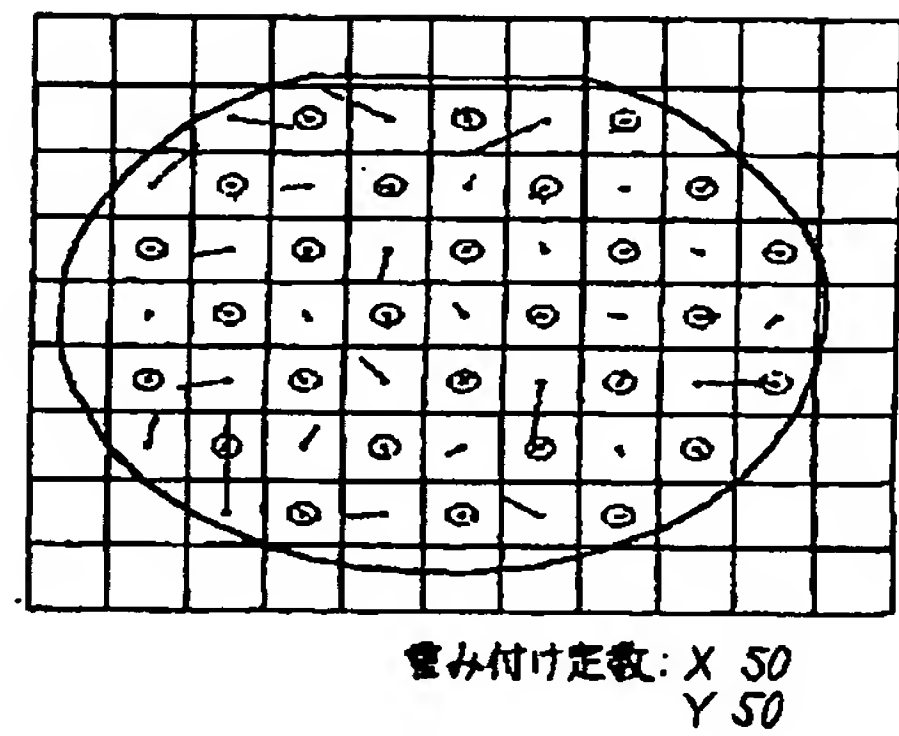
【図8】



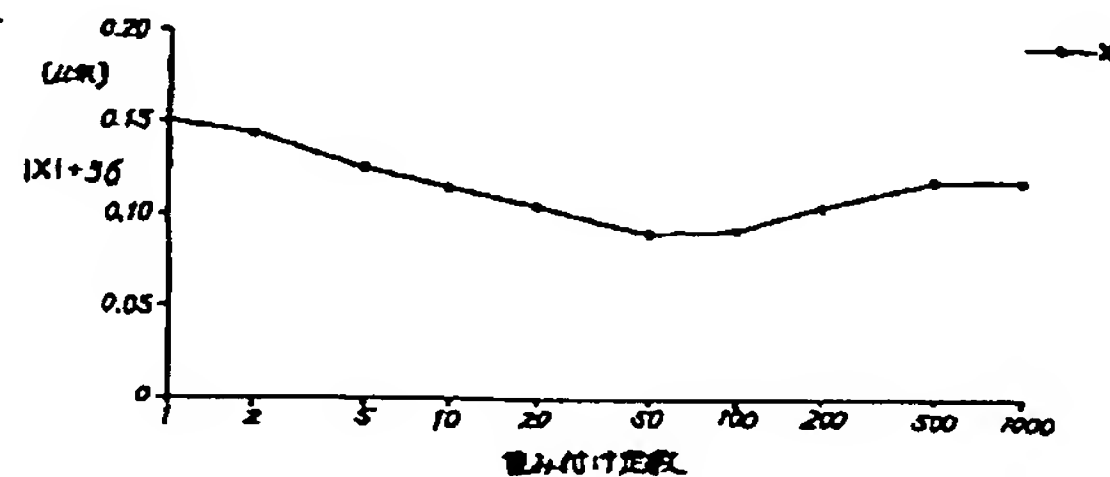
【図6】



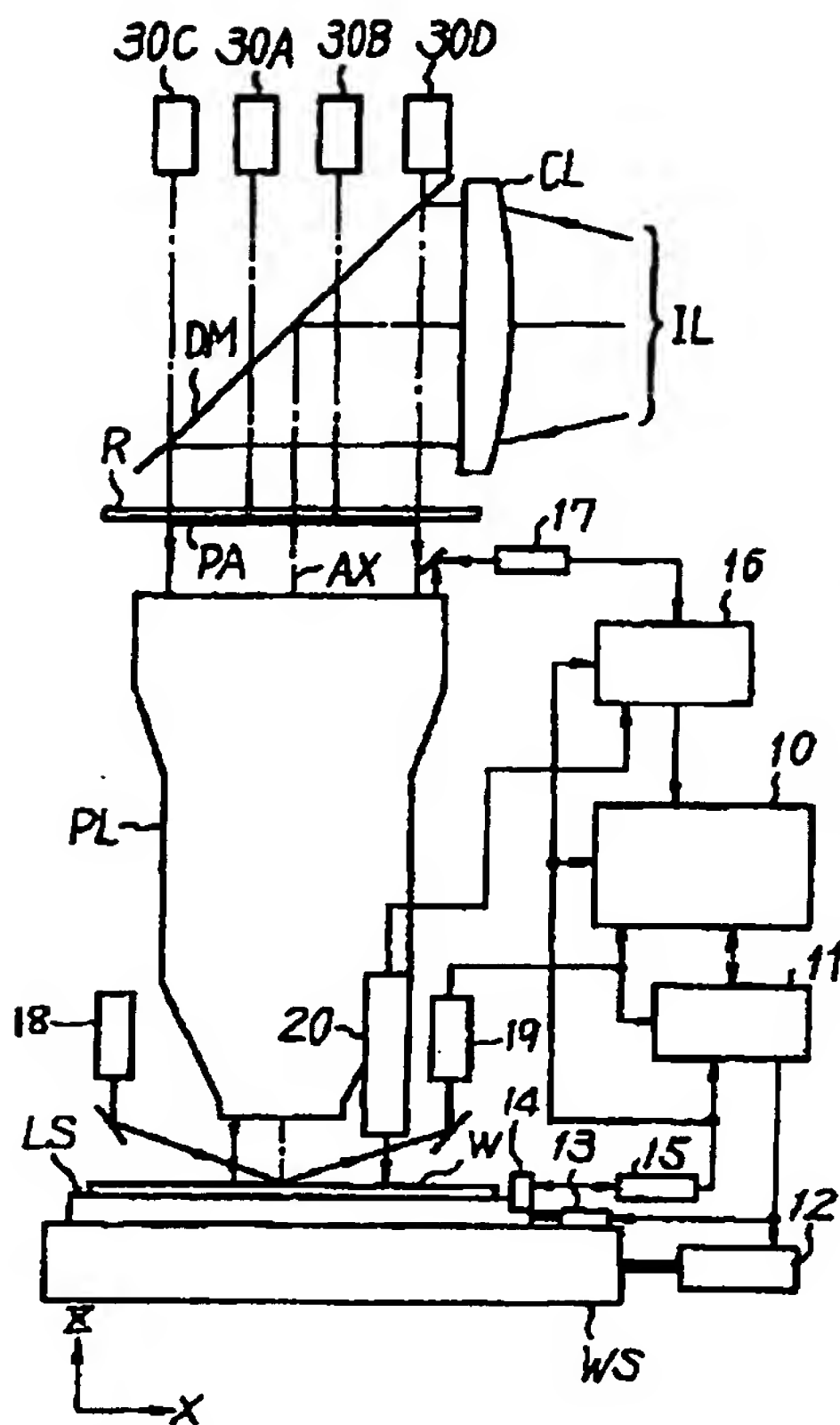
【図9】



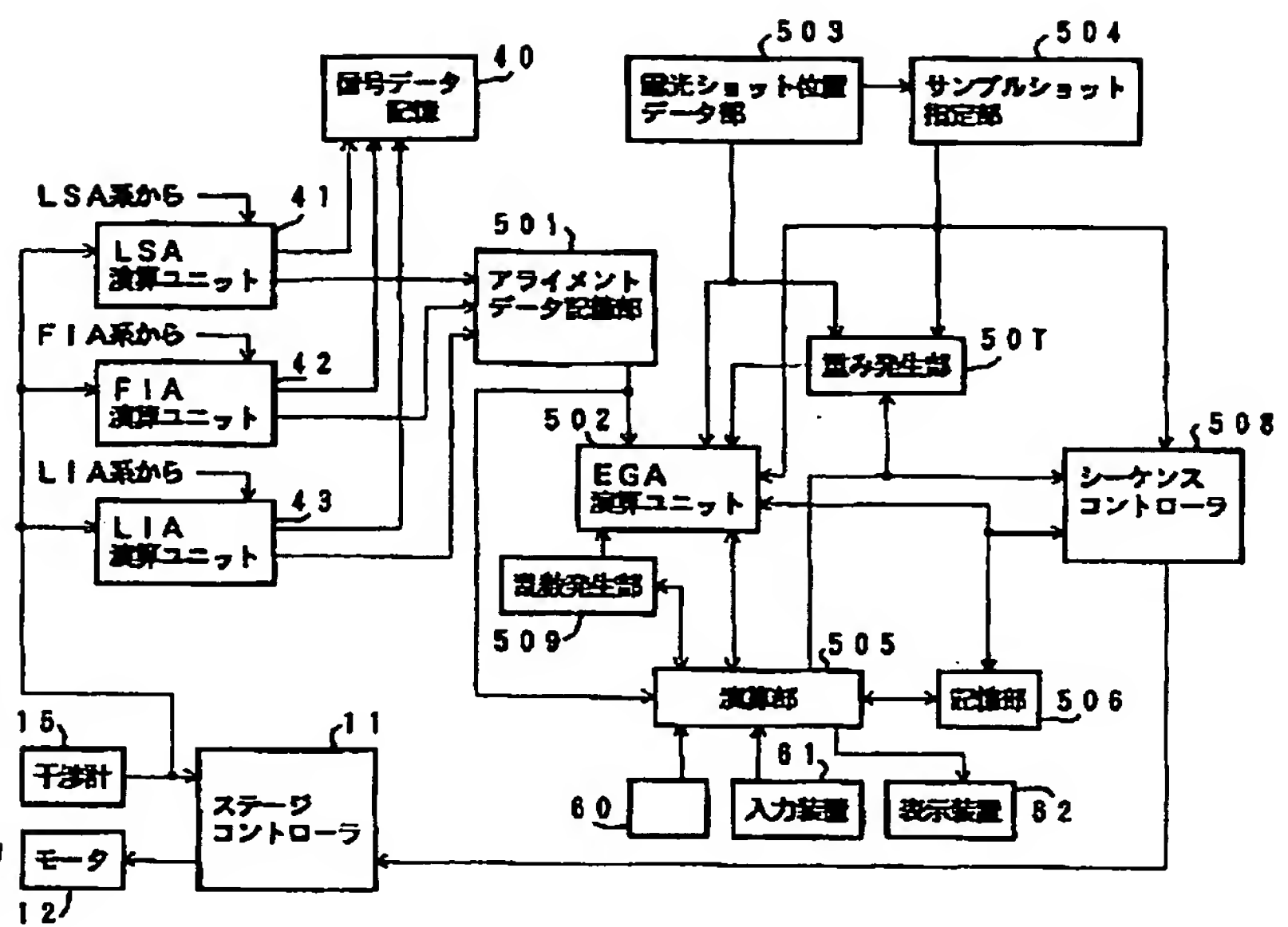
【図10】



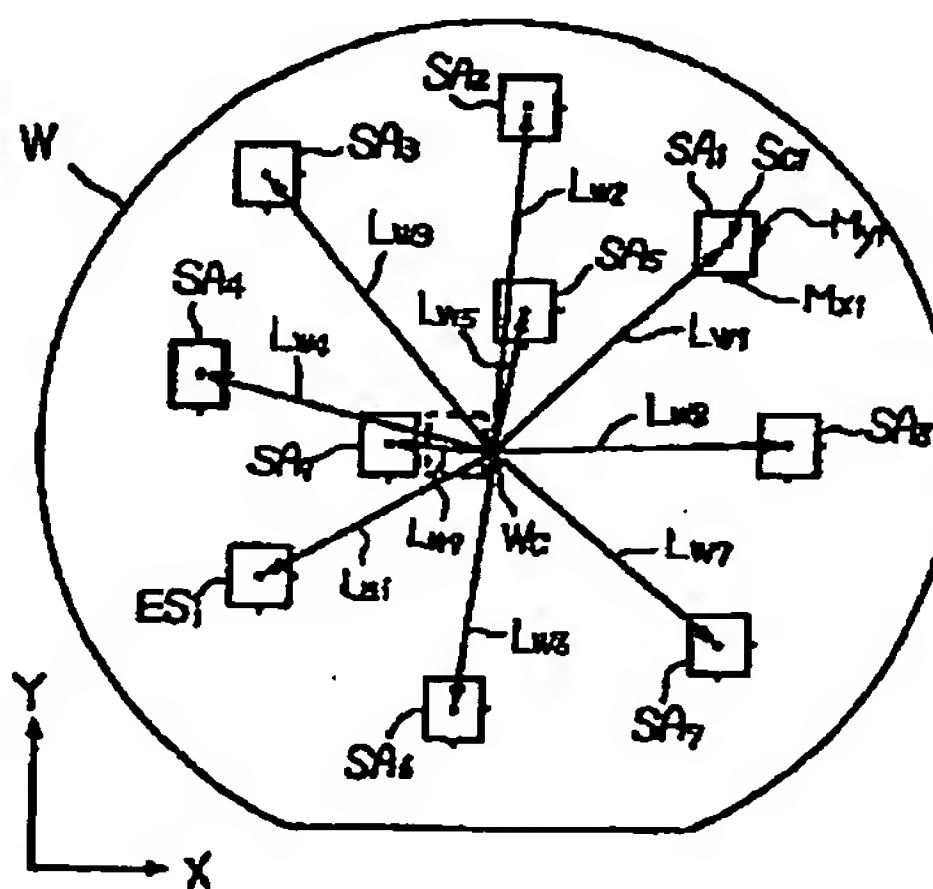
【図 2】



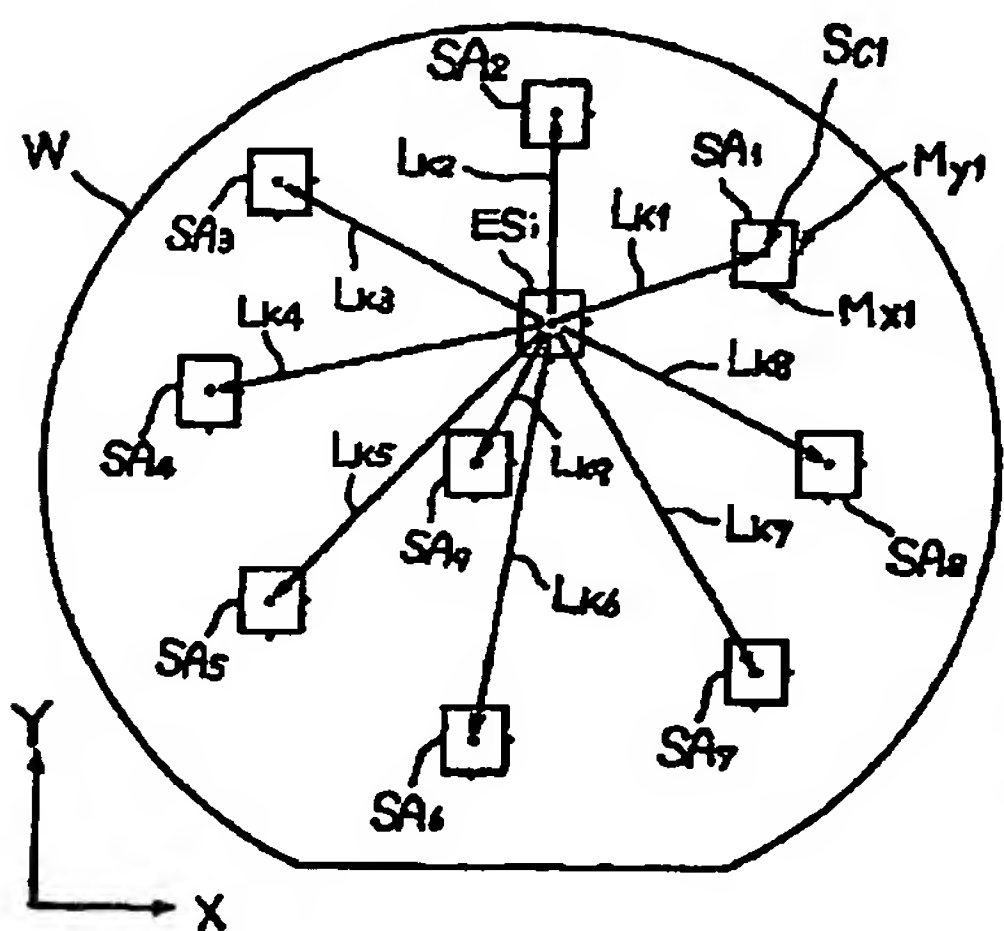
【図 3】



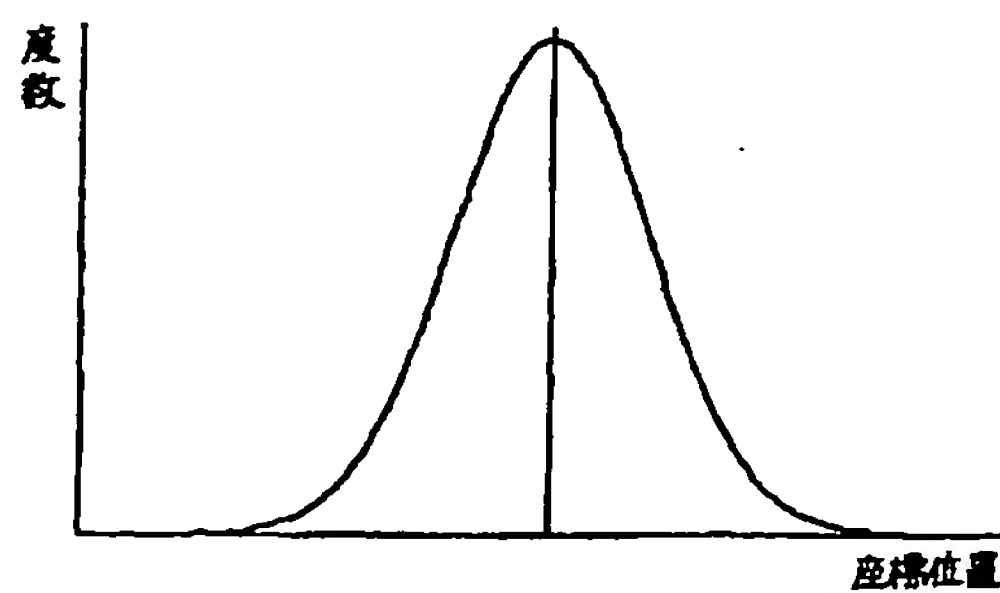
【図 5】



【図 4】



【図 7】



フロントページの続き

- (54) 【発明の名称】 位置合わせ方法、その位置合わせ方法を用いた露光方法、その露光方法を用いたデバイス製造方法、そのデバイス製造方法で製造されたデバイス、並びに位置合わせ装置、その位置合わせ装置を備えた露光装置

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.